انتشارات چرتکه

# نخستین گام درالکترونیک

## مروری اجمالی بر قطعات رایج در الکترونیک

تألیف و ترجمه :
امید آقائی



# نخستین گام درالکترونیک

## مروری اجمالی برقطعات رایج درالکترونیک

تألیف و ترجمه :

امید آقائی

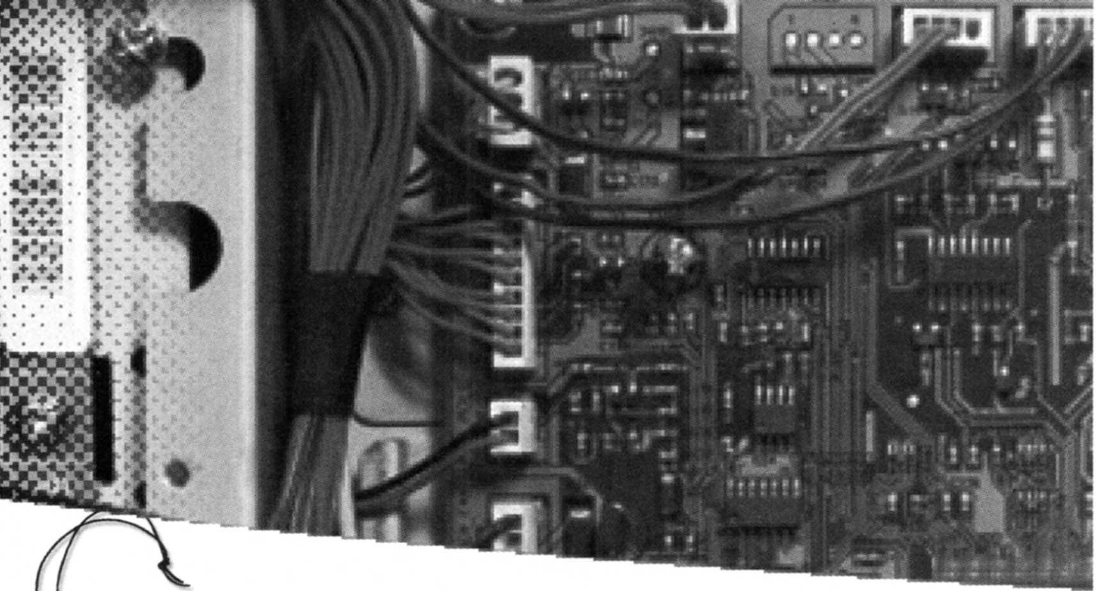
سرشناسه : آقایی، امید، ۱۳۶۸ -، گردآورنده، مترجم
عنوان و نام پدیدآور : نخستین گام در الکترونیک: مروری اجمالی بر قطعات رایج در الکترونیک/ تالیف و ترجمه امید آقایی.
مشخصات نشر : تهران : چرتکه، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری : ۱۶۰ص.: مصور ، جدول ، نمودار.
شابک : 978-964-6463-96-7
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
موضوع : الکترونیک
موضوع : ابزار و وسایل الکترونیکی
موضوع : برق -- مهندسی
رده بندی کنگره : TK۷۸۶۰/آ۷ن۳ ۱۳۹۱
رده بندی دیویی : ۶۲۱/۳۸۱
شماره کتابشناسی ملی : ۲۷۳۳۵۹۶

انتشارات چرتکه

| | |
|---|---|
| نام کتاب : | نخستین گام در الکترونیک |
| ناشر : | انتشارات چرتکه |
| تألیف و ترجمه : | امید آقائی |
| صفحه‌آرایی : | هفت‌رنگ گرافیک (شیوا صداقتی ـ محسن پورحسین) |
| لیتوگرافی : | امیدگرافیک |
| نوبت چاپ : | اول ـ بهار ۱۳۹۱ |
| چاپ : | پیک فرهنگ |
| صحافی : | کیمیا |
| ناظر فنی چاپ : | محسن پورحسین |
| تیراژ : | ۶۰۰ جلد |
| شابک : | ۹۷۸-۹۶۴-۶۴۶۳-۹۶-۷ |

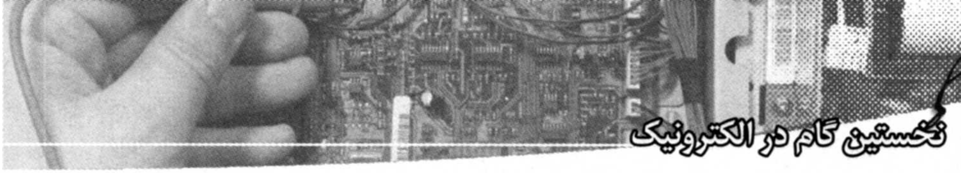
www.chortkehbooks.com

مراکز پخش :
۱ـ تهران، میدان انقلاب، ابتدای جمالزاده جنوبی، کوچه جهانگرد، شماره ۱۳، نشر آترا ـ تلفن : ۶۶۹۲۲۰۸۲
۲ـ تهران، خیابان انقلاب، روبروی دانشگاه تهران، ابتدای خیابان ۱۲ فروردین، پلاک ۳۲۴، کتابفروشی هنر ـ تلفن : ۶۶۴۹۲۲۴۲
۳ـ تهران، خیابان انقلاب، روبروی دبیرخانه دانشگاه تهران، ساختمان جیبی، پلاک ۱۳۳۲، کتابفروشی عصر دانش ـ تلفن : ۶۶۹۷۱۲۵۱





# فهرست







## فصل سوم



## فصل چهارم



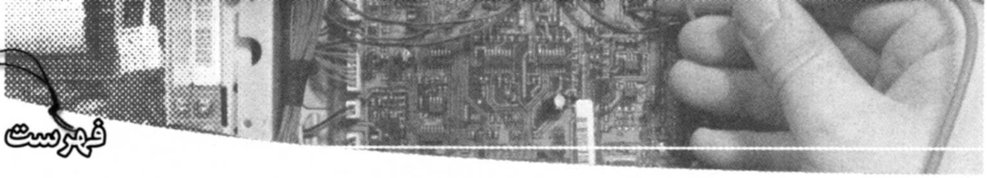
## فصل پنجم



## فصل ششم













## فصل سیزدهم



## فصل چهاردهم



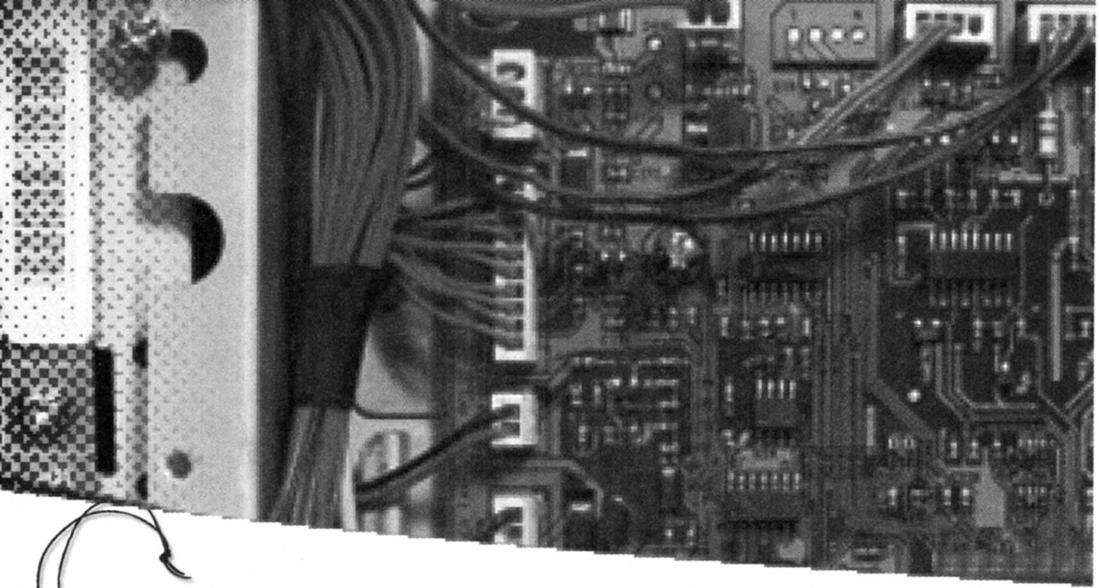
## ضمیمه‌ی یک



## ضمیمه‌ی دو









# مقدمه

## به نام حضرت دوست

سال‌هاست که واژه‌ی «الکترونیک» به طور مکرر در میان مردم استفاده می‌شود به طوریکه هر شخصی برداشت انفرادی خود را از این علم و یا موارد کاربردی آن مطرح می‌کند ، اما به صورت کلی عمدتاً تعاریف و برداشت‌هایی که از این واژه عنوان می‌شود کامل نبوده و برداشت‌های ظاهری عملا نمی‌تواند اهمیت و نفوذ روز افزون الکترونیک را در ارتباط با صنایع گوناگون بیان کند.

الکترونیک مطالعه و استفاده از وسائل الکتریکی است که با کنترل جریان الکترون‌ها یا ذرات باردار الکتریکی دیگر ، در اسبابی مانند لامپ خلا و نیمه‌هادی‌ها کار می‌کنند. مطالعه محض چنین وسائلی ، شاخه‌ای از فیزیک است ، حال آن که طراحی و ساخت مدارهای الکتریکی جزئی از رشته‌های مهندسی برق ، الکترونیک و کامپیوتر می‌باشد. در واقع «الکترونیک» به طیف گسترده‌ای از الکتریسیته اطلاق می‌شود که با حرکت الکترون‌ها در انواع مدارات نیمه‌هادی سروکار دارد. اختراع ICها مسبب دگرگونی‌های فراوانی در این علم بوده و سیستم‌های مدرن الکترونیکی از جمله مدارهای کنترل از راه دور ، ماهواره‌های فضایی ، روبات‌ها و ... را پدید آورده است. در حال حاضر الکترونیک کلید فتح شگفتی‌های جهان است و با تمام علوم و فنون موجود به نحوی پیوند خورده است ؛ از وسائل ساده خانگی تا پیچیده‌ترین تکنیک‌های فضایی ، همه‌جا صحبت از تکنولوژی فراگیر الکترونیکی است و امروزه صنعت مدرن ، بدون الکترونیک و تکنولوژی‌های وابسته به آن عملا مطرود و از کار افتاده است.

هر کسی در ابتدای راه علم ممکن است دچار سردرگمی شود و به منبعی نیاز داشته باشد تا قدری ساده‌تر و سبک‌تر راهی را که در پیش دارد ترسیم کند و در واقع جوینده‌ی علم را جهت تلاش در آن مقوله یا رشته‌ی خاص قدری آماده‌تر کند. در عرصه‌ی الکترونیک ، شناخت کلی المان‌ها و اجزای بنیادی الکتریکی امری کلیدی در آغاز ورود به این دنیای پر رمز و راز و سرگرم‌کننده است. در اثری که پیش رو دارید تلاش بر این بوده است که با معرفی کلی و اجمالی قطعات رایج الکترونیکی ، و همچنین ارائه‌ی مثال‌های کلی (که بعضا عملی هم هستند) شما خواننده‌ی عزیز ، قدری با اصطلاحات ، مفاهیم ، اختصارات و همچنین حدود نمادنویسی در

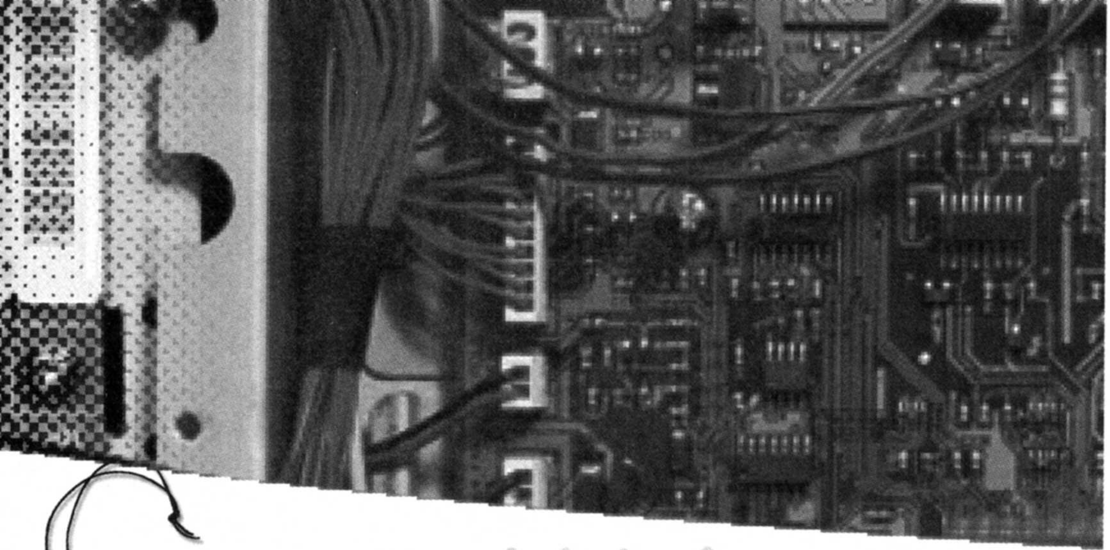
الکترونیک، آشـناتر شـوید. لازم به ذکر است که سـادگی در بیان و مختصر بودن توضیحات در عین جامعیت مطالب، از اصول اساسـی در روند نگارش مطالب و گزاره‌ها در این کتاب بوده اسـت. با وجود آن که در ارائه‌ی مطالب و نحوه‌ی نگارش گزاره‌ها، نهایت دقت بکار گرفته شده است، در هر صورت بدیهی است که در تمامی آثار چاپی درصدی از خطا همواره اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. شما خواننده‌ی عزیز می‌توانید انتقادات احتمالی خود را از طریق ایمیل انتشارات با اینجانب درمیان بگذارید.

در پایـان از مدیریت نشـر چرتکه و تمام عزیزانی که به هر نحوی در نـگارش اثر پیش رو مرا یاری دادند، کمال امتنان را دارم و امیدوارم همواره در عرصه‌ی پرفراز و نشیب نشر، سربلند و پیروز باشند.

**امید آقائی**

**بهار ۱۳۹۱**







# فصل اول

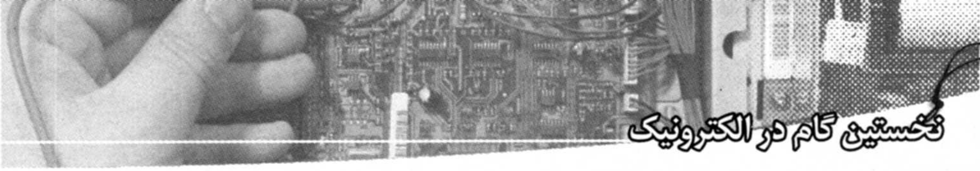
## تاریخچه علم الکترونیک و دانشمندان مشهور، از آغاز قرن بیستم

### لامپ خلع

در سال ۱۸۸۲ وقتی ادیسون یک جریان الکتریکی بین کاتد و آند در یک لامپ خلع را پدید آورد، این امر یک پدیده مرموز به شمار می‌رفت و هنوز درک نشده بود که چگونه جریان الکتریکی می‌تواند از خلع بگذرد. شناخت اشعه کاتدی توسط Thomson به عنوان جریانی از الکترون‌ها معما را حل کرد و منجر به اختراع دیود ترمیونیک توسط فلمینگ شد. اختراع تریود توسط DeForest ارتباطات رادیویی را منقلب کرد.

***Thomas Alva Edison* ( ۱۸۴۷-۱۹۳۱ ):** او صاحب ۱۰۹۳ حق ثبت اختراع و همچنین مخترع آزمایشگاه صنعتی تحقیقاتی مدرن بود. در سال ۱۸۸۲، زمانی که یکی از مهندسانش به نام William Hammer، "اثر ادیسون " را در طی آزمایش‌هایی درباره لامپ تابان مشاهده کرد، ادیسون به دلایلی که بعدها نمی‌توانست توضیح دهد،این کشف را پیگیری نکرد. اما همانطور که بعدها تصدیق کرد، در آن زمان او حتی قانون اهم را نمی‌دانست. اثر ادیسون به مدت پانزده سال بی توضیح ماند تا اینکه الکترون کشف شد.

***John Ambrose Fleming* (۱۸۴۹-۱۹۴۵):** او ابتدا شاگرد ماکسول و بعدها مشاور ادیسون و بعد مارکنی بود. در سال ۱۹۰۴ فلمینگ بر اساس مشاهدات ادیسون مبنی بر عبور جریان از فیلامان به یک آنود در یک حباب نوری و همچنین اکتشاف (که اشعه‌های کاتدی شامل ذرات باردار هستند) اولین یکسوساز الکترونیکی یا همان دیود، و یا مقدار فلمینگ را اختراع و به نام خود ثبت کرد. هدف از ساخت قطعه ردیابی امواج رادیویی که توسط جرقه تولید می‌شدند بود. این قطعه توانست جایگزینی برای بقیه قطعاتی شود که توسط دانشمندان قبل از او برای ارتباطات رادیویی استفاده می‌شدند. فلمینگ در سال ۱۹۲۹ به مقام نجیب زادگی ترفیع داده شد.





## تلویزیون

پیشگامان تلویزیون روس‌ها بودند، Nipkow یک دیسکِ دوار مکانیکی اختراع کرد و Rosing در سال ۱۹۰۷ از یک Cathod Ray tube برای نمایش تصاویری از یک انتقال دهنده (Transmitter) مکانیکی استفاده نمود. در سال ۱۹۲۳ در انگلیس، John Logie Baird شروع به استفاده از دیسک‌های Nipkow در انتقال تلویزیونی کرد. در امریکا، شاگرد Rosing، Vladimir Zworykin، یک Patent برای ساخت تلویزیون الکتریکی به ثبت رساند (۱۹۲۳)، ولی این پروژه توسط Westinghouse متوقف شد و Zworykin مجبور شد تا ۱۹۳۰ برای حمایت RCA صبر کند. در سال ۱۹۲۲، یک دانش‌آموز از Idaho، به نام Philo Farnsworth یک سیستم الکترونیکی اختراع کرد، و تا سال ۱۹۲۷ موفق به ارسال تصاویر تلویزیونی شد. پیشرفت پروژه kinescope که در RCA انجام می‌شد، به علاوه یک قرارداد (License Agreement) بین RCA و Farnsworth در نهایت منتهی به ظهور اولین تلویزیون تجاری در آوریل ۱۹۳۹ در نمایشگاه RCA در نیویورک گشت.

**John Logie Baird (۱۹۴۶-۱۸۸۸) :** از دانشگاه Glascow فارغ التحصیل شد و تا مدتی برای شرکت Glascow Electrical به عنوان مهندس کار می‌کرد. در ۱۹۲۰ وی با استفاده از دیسک مکانیکی Nipkow شروع به ساخت تلویزیون کرد. در ۱۹۲۶ او اولین تلویزیون را ساخت. سپس به ساخت تلویزیون رنگی و استریو پرداخت و موفق به ضبط سیگنال‌های ویدیویی روی دیسک شد. از ۱۹۲۹ تا ۱۹۳۵ BBC از تلویزیون مکانیکی Baird استفاده می‌کرد. در انتهای این دوره از ساخت تلویزیون‌ها، تا حدی از سیستم‌های الکترونیکی هم استفاده می‌شد. از آنجایی که سیستم‌های مکانیکی به ۲۰۰ خط در هر frame محدود بودند، نتوانستند در برابر سیستم‌های الکترونیکی دوام بیاورند.

**Philo Taylor Farnsworth (۱۹۷۱-۱۹۰۶) :** هنگامی که یک دانش آموز ۱۵ ساله بود، یک سیستم الکترونیکی اختراع کرد و آنرا به استاد شیمی خود عرضه کرد. درسال ۱۹۲۶، وی با استفاده از یک پشتیبانی مالی، شرکتی برای ساخت تلویزیون تاسیس کرد. در ۱۹۲۷ وی موفق به ساخت اولین تلویزیون الکترونیکی شد و در سال ۱۹۳۶ استودیوی او به حدود ۵۰ خانواده در Philadelphia سرویس می‌داد.

## رادار

در زمان قبل از جنگ جهانی دوم، تمامی قدرت‌های بزرگ در حال انجام پروژه‌های سیستم‌های ردیابی رادیویی بودند. هنگامی که انگلیسی‌ها مشغول ساخت سیستم تشخیص و ردیابی هوایی بودند، آلمان‌ها سیستم ناوبری هوایی می‌ساختند. اگر چه در ابتدا این دستگاه‌ها بر روی طول موج‌هایی در حد متر کار می‌کردند اما بعدا در اثر پیشرفت‌هایی در سال ۱۹۳۹، این کشورها موفق به ساخت سیستم‌هایی با طول موج‌های در حد سانتیمتر شدند. این سیستم‌ها لازمه ساخت رادارهای پیشرفته بودند. در سال ۱۹۴۰ در امریکا سرمایه گذاری بر روی آزمایشگاه رادار در MIT آغاز شد. بیش از ۱۳۰۰ مهندس و دانشمند در این آزمایشگاه کار می‌کردند و بیش از ۱۰۰ مدل رادار طراحی شد که شامل سیستم‌های هشدار سریع، رادارهای ضدهوایی، رادارهای ضد







زیردریایی، زمینی، و رادارهایی برای نشانه‌گیری در بمباران می‌شدند. بیش از یک میلیون رادار در امریکا در زمان جنگ ساخته شد. آلمان و ژاپن در این جنگ تکنولوژیک مغلوب بودند.

**Robert Alexander Watson-Watt (۱۸۹۲-۱۹۷۳) :** وی از نوادگان James Watt بود، که مدرکش را در رشته مهندسی برق از دانشگاه St.Andrews، در اسکاتلند دریافت کرد و در سال ۱۹۱۵ در British civil service شروع به کار کرد، وی اولین Patent خود را که یک سیستم ردیابی رادیویی بود در ۱۹۱۹ به ثبت رساند. در سال‌های بعد او نقش رهبری توسعه پروژه‌های ردیابی رادیویی هوایی را بازی می‌کرد، که همان سلاح مخفی در جنگ بریتانیا بود. در سال ۱۹۳۷، قبل از شروع جنگ، او به همراه همسرش عهده‌دار کاری خطرناک شدند، سفر به آلمان در لباس‌های بدل، برای پیدا کردن ایستگاه‌های رادار در آلمان!

**Edward Mills Purcell (۱۹۱۲-۱۹۹۷) :** در شهری کوچک در Illinois به دنیا آمد. پدرش مدیریت یک شرکت محلی تلفن را به عهده داشت. Purcell مدرک BSEE را در Purdue اخذ کرد و سپس به فیزیک روی آورد. در دانشگاه Harvard به تدریس می‌پرداخت که به آزمایشگاه تازه تاسیس رادار ملحق شده و عهده‌دار رهبری تیمی شد که بر روی سیستم‌های راداری با طول موج 1 cm کار می‌کردند. در آن زمان تحقیقات علمی نشان داده بودند که رطوبت هوا یک عامل محدود کننده مهم برای این سیستم‌هاست. این مطلب او را به کشفی در ۱۹۴۵ که همانا ساخت nuclear magnetic resonance بود، هدایت کرد که پایه ای برای تصویربرداری NMR در پزشکی شد. در ۱۹۵۲ وی جایزه نوبل را برای این کشف دریافت کرد.

## ترانزیستورها

قیاس بین دیود و دستگاه‌های Solid State مانند یکسوکننده اکسید مس و ردیاب‌های کریستالی در رادیوهای اولیه، به وضوح از قبل مطرح بوده است. در دهه ۱۹۲۰، مخترعان زیادی سعی در ساخت دستگاه‌هایی برای کنترل جریان در دیودهای Solid State و تبدیل آن‌ها به triode داشتند، ولی تا بعد از جنگ جهانی دوم نتوانستند موفقیتی کسب کنند. در زمان جنگ، تلاش‌هایی برای پیشرفت کریستال‌های سیلیکون و ژرمانیوم برای استفاده به عنوان ردیاب در رادار انجام شد که به پیشرفت‌هایی در زمینه ساخت و فهم تئوری حالت‌های مکانیکی کوانتومی حاملان موج در نیمه هادی‌ها منجر شد. بعد از آن دانشمندان از دامنه پیشرفتِ رادارها به دامنه Solid State Device روی آوردند.

**George Clarke Southworth (۱۸۹۰-۱۹۷۲) :** در شهری کوچک در Pennsylvania متولد شد. لیسانس و فوق لیسانس خود را از Grove City College دریافت کرد، و سپس برای دکترا به Yale رفت. وی از ابتدای تاسیس Bell Laboratories یعنی سال ۱۹۳۴ تا زمان بازنشستگی‌اش در این شرکت کار کرد. کار وی بر روی امواج هادی (Micro wave waveguides)، انگیزه ای برای ساخت رادار شد. هنگامی که او دریافت که triodeها مانند ردیاب‌ها در فرکانس‌های microwave کار نخواهند کرد، به استفاده از ردیاب‌های کریستالی که در اولین رادیوها استفاده می‌شدند، روی آورد. منبع او برای این کار، رادیوهای دست دوم و پرگردوخاک مغازه‌های Manhattan بود!







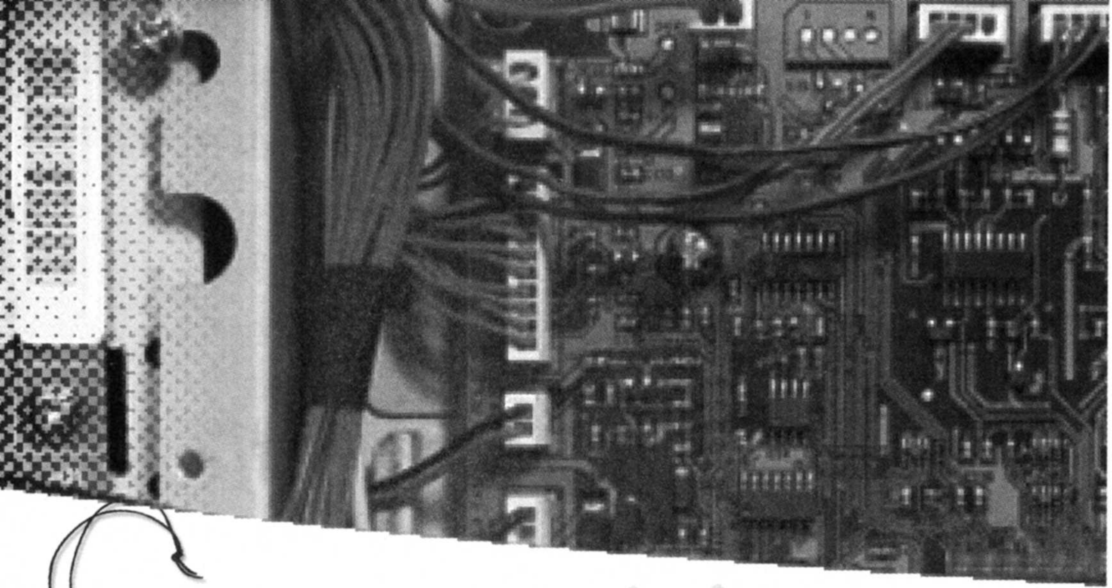
**William Bradford Shockley (۱۹۱۰-۱۹۸۹) :** در لنـدن متولد شـد، ولـی در کالیفرنیا بزرگ شـد و در Caltech و MIT تحصیل کرد. درسال ۱۹۳۹ وی به آزمایشگاه Bell Telephone Laboratories ملحق شد. در ابتدای ۱۹۳۹، Shockley شروع به یافتن راهی برای تبدیل یکسوساز کریستالی به یک دستگاه تقویت‌کننـده کـرد. جنـگ کار وی را قطع کـرد، ولـی کار او دوباره در ۱۹۴۵ با بازگشـت او بـه Bell Lab به عنوان رهبر تیم تحقیقاتی Solid State Physics شروع شد. این گروه شامل Bardeen و Brattain می‌شد که ترانزیسـتور با اتصال نقطه ای (Point Contact Transistor) را اختراع کردند. Shockley ترانزیسـتور اتصالی (Junction) را چند هفته بعد اختراع کرد. Shockley شخصیت خشکی داشن و در نهایت Bardeen و Brattain درحالی که آزرده شـده بودند گروه را ترک کردند. در دهه ۱۹۷۰، Shockely هنگامی که تئوری دخالت عاملی ژنتیکی در هوشـمندی را عرضه داشت طوفانی از انتقادها را برانگیخت. بر مبنای آن تئوری نژاد سیاه پوستان به عنوان نژادی با ژن پست معرفی می‌شد.

**Walter H. Brattain (۱۹۰۲-۱۹۸۷) :** در چیـن بدنیـا آمـد و در یک مدرسـه انگلیسـی زبان در Amoy بـه تحصیـل پرداخت. دوران نوجوانی خود را در Washington سـپری کرد. او مـدارک علمی خود را از کالج Whitman، دانشـگاه Oregon و دانشـگاه Minnesota دریافت کرد. در سـال ۱۹۲۹ وی برای کار بـه Bell Laboratories رفت و تا شـروع جنگ بر روی رفتار یکسـوکننده‌های اکسـید مس تحقیق می‌کرد. بعد مشـغول سـاخت ردیاب رادار سـیلیکن شـد. سـپس دوباره به گروه فیزیک حالت جامد پیوست، گروه او و Bardeen ترانزیستور اتصال نقطه‌ای را اختراع کردند. هر چند Brittain یک آزمایشگر (experimentalist) حرفه ای بود و Bardeen یک تئوریسین، اما آن‌ها در آزمایشگاه بطور صمیمانه‌ای با هم کار می‌کردند.

**John Bardeen (۱۹۰۸-۱۹۹۱) :** او فرزند رئیس دانشکده پزشکی دانشگاه Wisconsin بود و درجه دکتـرای فیزیک ریاضی (mathematical physics) را از دانشـگاه Princeton دریافت کرد. وی همچنین اسـتاد دانشگاه Minnesota بـوده و در طـی جنگ جهانی دوم بهتریـن فیزیکـدان در Naval Ordnance Laboratory به حسـاب می‌آمد. بعـد از جنگ توسـط Bell Telephone Laboratory ( با حقوق دو برابر) کرایـه شـد تا بر روی مسـائل نظـری در فیزیک حالت جامـد کار کند. در سـال ۱۹۴۸ کار او منجـر به اختراع ترانزیستورهای اتصال نقطه‌ای و نظریه quantum surface states of electrons شد که بر مبنای آن ثابت شد که لایه ای از بار در سطح آزاد نیمه هادی‌ها وجود دارد.

Bardeen در سـال ۱۹۵۱ Bell Labs را برای رسیدن به درجه استادی در مهندسی الکترونیک و فیزیک در دانشـگاه Illinois ترک کرد. در سـال ۱۹۵۶ او به همراه Shockley و Brattain به علت اختراع مشـترک ترانزیسـتور موفق به دریافت جایزه نوبل شـد. وی همچنین در سـال ۱۹۷۲ به همراه Cooper و Schrieffer بخاطر نظریه ابر رسانایی جایزه نوبل را دریافت کرد و بدین ترتیب اولین فردی بود که دو جایزه نوبل را دریافت کرد.







# فصل دوم

## مروری بر قطعات رایج در الکترونیک

➜ **توجـه :** *تمامی قطعات بررسـی شـده در این فصـل، در فصول بعدی بـه تفصیل مورد بررسـی قرار خواهند گرفت و مثال‌های عملی آن‌ها به نمایش گذاشـته می‌شـود. جهت اطلاع از نماد شماتیک هر کدام از قطعات، می‌توانید به ضمیمه‌ی کتاب رجوع کنید.*

### مقاومت

یـک مقاومت ایده‌ال عنصری اسـت با یک مقاومت الکتریکی که صرف‌نظر از ولتاژ اعمالی به دو سـرش یـا جریان الکتریکی عبـوری از آن، ثابت می‌ماند. اما بدلیـل اینکه مقاومت‌های جهان واقعـی نمی‌توانند این شـرایط ایـده‌ال را برآورده سـازند، آن‌هـا را بگونه‌ای طراحی می‌کنند کـه در برابر تغییرات دمـا و دیگر عوامل محیطی، نوسانات کمی در مقاومت الکتریکی‌شان ایجاد شود. مقاومت‌ها ممکن است که ثابت یا متغیر باشند. مقاومت‌های متغیر پتانسـیومتر یا رئوستا نیز خوانده می‌شـوند و این اجازه را می‌دهند که مقاومت وسیله توسط تنظیم یک میله یا لغزش یک ابزار کنترلی، تغییر کند. یک جسم فیزیکی نوعی مقاومت است. اکثر فلزات، مواد هادی هسـتند و در برابر جریان الکتریسـته مقاومت کمی دارند. بدن انسان، یک تکه پلاستیک ، یا حتی یک خلأ دارای مقاومت‌هایی هسـتند که قابل اندازه‌گیری است. موادی که دارای مقاومت‌های بسیار بالایی هستند عایق نامیده می‌شـوند. ترمیسـتور یک نوع مقاومت متغیر است که به وسـیله تغییرات دمایی، مقاومتش تغییر می‌کند. وریستور قطعه‌ای است که مقاومت آن تا سرحد ولتاژی خاص، بالاست تا زمانی که به صورت ناگهانی مقاومت افت کند. از این قطعه در حفاظت از دستگاه‌ها استفاده می‌شود.

**انواع :**

- از نظر نوع عملکرد
  - مقاومت‌های ثابت: الف) مقاومت‌های زبانه دار ب) مقاومت‌های قابل تنظیم
  - مقاومت‌های متغیر: (الف) مقاومت‌هـای تابع حرارت (ب) مقاومت‌های تابع نور (ج) مقاومت‌های تابع ولتاژ (د) مقاومت‌های تابع میدان مغناطیسی
- از نظر ساختار
  - مقاومت‌های ترکیبی
  - مقاومت‌های سیم‌پیچی
  - مقاومت‌های لایه‌ای

**کاربرد :**

مقاومت‌هـای اهمـی برای اضافه کـردن مقاومت مدارهای الکتریکـی به کار می‌رونـد. در حقیقت، آن‌ها اجسـامی هستند که در مقابل عبور جریان مقاومت زیادی از خود نشان می‌دهند. موادی که غالباً در مقاومت‌ها بـه کار می‌رونـد عبارتند از کربن، آلیـاژ مخصوص از فلزاتی از قبیـل نیکروم، کنسـتانتان و منگانان. مقاومت اهمی طوری به مدار بسـته می‌شـود که جریان علاوه براینکه از مدار الکتریکی و منبع ولتاژ عبور می‌کند، از آن هـم بگـذرد. در این صورت مقاومت کل مدار، مجموع مقاومت‌های بار الکتریکی، منبع ولتاژ، سـیم‌های رابط و مقاومت اهمی اسـت. توجه داشته باشـید که فقط با اضافه کردن یک مقاومت اهمی مناسب به مدار می‌توان مقاومت کل مدار را به اندازه‌ی دلخواه تغییر داد.

## خازن

خازن، المانی الکتریکی است که می‌تواند انرژی الکتریکی را توسط میدان الکترواستاتیکی (بار الکتریکی) در خـود ذخیـره کنـد. انواع خـازن در مدارهای الکتریکی بـکار می‌روند. خـازن را با حرف C کـه ابتدای کلمه capacitor است نمایش می‌دهند. ساختمان داخلی خازن از دو قسمت اصلی تشکیل می‌شود: (الف) صفحات هادی (ب) عایق بین هادی‌ها (دی‌الکتریک).

**انواع :**

- از نظر عملکرد
  - خازن‌های ثابت
  - خازن‌های متغیر
- از نظر ساختار
  - خازن‌های سرامیکی



- خازن‌های ورقه‌ای
- خازن‌های کاغذی
- خازن‌های پلاستیکی
- خازن‌های میکا
- خازن‌های الکترولیتی
- خازن آلومینیومی
- خازن تانتالیوم

***کاربرد :***

با توجه به اینکه بار الکتریکی در خازن ذخیره می‌شود؛ برای ایجاد میدان‌های الکتریکی یکنواخت می‌توان از خازن استفاده کرد. خازن‌ها می‌توانند میدان‌های الکتریکی را در حجم‌های کوچک نگه دارند؛ به علاوه می‌توان از آن‌ها برای ذخیره کردن انرژی استفاده کرد. خازن در اشکال مختلف ساخته می‌شود.

## القاگر، سلف یا سیم‌پیچ

هرگاه یک هادی جریان الکتریکی را به صورت دوایری با مراکز مشترک بپیچیم یک نوع ساده از سیم‌پیچی خواهیم داشت. القاگر قطعه‌ای از مدارات الکترونیک است که از یک سیم‌پیچ و هسته‌ای مغناطیسی ساخته شده است. به طور معمول سیم‌پیچ دارای مقداری مقاومت داخلی نیز هست. تغییر جریان گذرنده سیم‌پیچ باعث ایجاد شار مغناطیسی در سیم‌پیچ و در نتیجه باعث القای جریان الکتریکی در سیم‌پیچ می‌شود. به این پدیده خودالقایی می‌گویند. وجود هسته‌ی فرومغناطیس در القاگر به دلیل تراوایی مغناطیسی نسبی بالا باعث افزایش ضریب خودالقایی آن می‌شود.

***انواع :***

- القاگر جفت (Coupled)
- چندلایه
- هسته سرامیکی
- القاگر قالبی (Molded)

***کاربرد :***

سیم‌پیچ‌ها معمولاً در همه موتورهای الکتریکی کاربرد دارند و به صورت‌های مختلف از جمله توزیع شده و متمرکز پیچیده می‌شوند. بخش مرکزی هر دستگاه رادیو و تلویزیون یک مخزن LC است که در آن القاییدگی یا (آن چنان که بیشتر متداول است) ظرفیت خازن قابل تنظیم است. (f) را می‌توان به صورتی تنظیم کرد که نسبت به یک بسامد مشخص حساسیت نشان دهد، چنین سیستمی یک دستگاه تشدیدی است و فقط علامت کوچکی را برای راه‌اندازی دستگاه از آنتن می‌گیرد و مدار مخزن را وادار به نوسان‌های بزرگ می‌کند.

## مبدل

ترانسفورمر (Transformer) وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را به وسیله دو یا چند سیم‌پیچ و از طریق القای الکتریکی از یک مدار به مداری دیگر منتقل می‌کند. به این صورت که جریان جاری در مدار اول (اولیه ترانسفورماتور) موجب به وجود آمدن یک میدان مغناطیسی در اطراف سیم‌پیچ اول می‌شود، این میدان مغناطیسی به نوبه خود موجب به وجود آمدن یک ولتاژ در مدار دوم می‌شود که با اضافه کردن یک بار به مدار دوم این ولتاژ می‌تواند به ایجاد یک جریان در ثانویه بینجامد.

***انواع :***

- اتوترانسفورماتور
- ترانسفورماتور چند فازه

***کاربرد :***

یکی از کاربردهای بسیار مهم ترانسفورماتورها، کاهش جریان پیش از خطوط انتقال انرژی الکتریکی است. دلیل استفاده از ترانسفورماتور در ابتدای خطوط این است که همه‌ی هادی‌های الکتریکی دارای میزان مشخصی مقاومت الکتریکی هستند، این مقاومت می‌تواند موجب اتلاف انرژی در طول مسیر انتقال انرژی الکتریکی شود. میزان تلفات در یک هادی با مجذور جریان عبوری از هادی رابطه مستقیم دارد و بنابراین با کاهش جریان می‌توان تلفات را به شدت کاهش داد. با افزایش ولتاژ در خطوط انتقال به همان نسبت جریان خطوط کاهش می‌یابد و به این ترتیب هزینه‌های انتقال انرژی نیز کاهش خواهدیافت؛ با نزدیک شدن خطوط انتقال به مراکز مصرف، برای بالا بردن ایمنی، ولتاژ خطوط در چند مرحله به وسیله ترانسفورماتورها کاهش می‌یابد تا به میزان استاندارد مصرف برسد. به این ترتیب بدون استفاده از ترانسفورماتورها امکان استفاده از منابع دوردست انرژی فراهم نمی‌آمد.

## ترانزیستور

ترانزیستور یکی از مهم‌ترین قطعات الکترونیکی می‌باشد. ترانزیستور یکی از ادوات حالت جامد است که از مواد نیمه رسانایی مانند سیلیسیم و ژرمانیوم ساخته می‌شود. یک ترانزیستور در ساختار خود دارای پیوندهای نوع N و نوع P می‌باشد. ترانزیستور از اتصال سه لایه بلور نیمه هادی تشکیل می‌شود. لایه وسطی بیس(base)، و دو لایه جانبی، یکی امیتر (emitter) و دیگری کلکتور (collector) نام دارد. نوع بلور بیس، با نوع بلورهای امیتر و کلکتور متفاوت است. در یک ترانزیستور دوقطبی، لایه امیتر یا گسیلنده بیشترین مقدار ناخالصی را دارد. که الکترون‌ها از امیتر به سوی لایه کلکتور که ناخالصی کمتری دارد، گسیل داده می‌شود. ترانزیستور از دیدگاه مداری، یک عنصر سه‌پایه می‌باشد که با اعمال یک سیگنال به یکی از پایه‌های آن میزان جریان عبور کننده از دو پایه دیگر آن را می‌توان تنظیم کرد. برای عملکرد صحیح ترانزیستور در مدار باید توسط المان‌های دیگر مانند مقاومت‌ها و... جریان‌ها و ولتاژهای لازم را برای آن فراهم کرد و یا اصطلاحاً آن را بایاس کرد.



***انواع :***

- ترانزیستور دوقطبی پیوندیBJT (Bipolar Junction Transistors)
- ترانزیستور اثر میدان FET (Field Effect Transistors)
  - ترانزیستور اثر میدان پیوندی(JFET)
  - MOSFETها (Metal Oxide SemiConductor Field Effect Transistor)

***کاربرد :***

ترانزیستور دارای ۳ ناحیه کاری می‌باشد. ناحیه قطع، ناحیه فعال(کاری یا خطی) و ناحیه اشباع. ناحیه قطع حالتی است که ترانزیستور در آن ناحیه فعالیت خاصی انجام نمی‌دهد. اگر ولتاژ بیس را افزایش دهیم ترانزیستور از حالت قطع بیرون آمده و به ناحیه فعال وارد می‌شود. در حالت فعال ترانزیستور مثل یک عنصر تقریبا خطی عمل می‌کند؛ اگر ولتاژ بیس را همچنان افزایش دهیم به ناحیه‌ای می‌رسیم که با افزایش جریان ورودی در بیس دیگر شاهد افزایش جریان بین کلکتور و امیتر نخواهیم بود، به این حالت حالت اشباع می‌گویند و اگر جریان ورودی به بیس زیادتر شود ممکن است ترانزیستور بسوزد.

ترانزیستور هم در مدارات الکترونیک آنالوگ و هم در مدارات الکترونیک دیجیتال کاربردهای بسیار وسیعی دارد. درمدارات آنالوگ ترانزیستور در حالت فعال کار می‌کند و می‌توان از آن به عنوان تقویت کننده یا تنظیم کننده ولتاژ(رگولاتور) و... استفاده کرد. و در مدارات دیجیتال ترانزیستور در دو ناحیه قطع و اشباع فعالیت می‌کند که می‌توان از این حالت ترانزیستور در پیاده سازی مدار منطقی،حافظه، سوئیچ کردن و... استفاده کرد. به جرات می‌توان گفت که ترانزیستور قلب تپنده الکترونیک است.

## دیود

دیود (Diode) که با نام‌های دیگر: (دوقطبی الکتریکی، یکسوساز)نیز شناخته می شود، قطعه‌ای است الکترونیکی که جریان الکتریکی را در یک جهت از خود عبور می‌دهد و در جهت دیگر در مقابل عبور جریان از خود مقاومت بسیار بالایی (در حد بینهایت) نشان می‌دهد. بر اساس این خاصیت دیود، در سال‌های اولیه ساخت این وسیله الکترونیکی، به آن دریچه هم گفته می‌شد.

***انواع :***

- دیودهای سیگنال
- دیودهای یکسوکننده (Rectifiers)
- دیودهای زنر (Zener)

***کاربرد :***



مهم‌ترین کاربرد عملی دیود تبدیل جریان الکتریکی متناوب به مستقیم است. در بسیاری از آداپتورها جریان برقی که بوسیله ترانس کاهش پیدا کرده‌است به کمک یک دیود (یکسوسازی نیم موج)، دو دیود (

در ترانس با ثانویه سه سر ) یکسوسازی تمام موج و یا با چهار دیود ( در ترانس با ثانویه دو سر ) یکسو سازی تمام موج انجام می‌شود. توجه داشته باشید که ولتاژ یکسویه پس از این دیودها، فرکانس ریپلی معادل دو برابر فرکانس متناوب (در حالت تمام موج) را دارد و جهت مستقیم شدن کامل ولتاژ بایستی خازن صافی با ولتاژ مجاز، ظرفیت بالا (با توجه به مقدار جریان مصرفی) و با رعایت پلاریته و بعد از پل دیود نصب شود.

## تریستور

تریستور یک نیمه رسانا است و به صورت یک قطعه‌ی چهار لایه‌ای P-N-P-N است.

***انواع :***

- تریستورهای با کموتاسیون خط
- تریستورهای خاموش‌شونده از طریق گیت GTO
- تریستورهای هدایت معکوسRCT
- تریستورهای با القای استاتیکSITH
- تریستورهای کمک‌گیرنده از گیت برای خاموشی GATT
- یکسوکننده‌های کنترل‌شونده سیلیکونی فعال‌شونده با نور LASCR
- تریستورهای کنترل‌شوند MOS،MCT
- تریستورهای با کموتاسیون اجباری

***کاربرد :***

از تریستور در مدارهای ولتاژ بالا هنگامی که قطبیت جریان برق باعث خاموش شدن مدار می‌شود، استفاده می‌کنیم.

## ترایاک

ترایاک (TRIAC) که اختصار Triode for Alternating Current است، قطعه‌ای الکترونیکی است که در صورت فعال شدن (تریگر) می‌تواند جریان الکتریکی را در هر دو جهت از خود عبور دهد. ترایاک عملکردی مانند تریستور اما بصورت دو طرفه دارد. ترایاک را می‌توان دو تریستور مکمل (که یکی توسط آند و دیگری توسط کاتد تریگر می‌شود) تصور کرد که بصورت موازی اما در جهت برعکس (antiparallel) به هم متصل شده‌اند و گیت آن‌ها نیز به یکدیگر متصل است.

***کاربرد :***

عمدتا از عناصر نیمه هادی مانند ترایاک‌ها به عنوان ابزار کلید زنی (سوئیچینگ) استفاده می‌شود، در واقع این المان‌ها می‌توانند سطوح ولتاژ و جریان بالا را سوئیچ کنند. ترایاک‌ها به طور گسترده ای در مدارات کنترل فاز AC به کار می‌روند.





## دیاک

دیاک عنصری دوپایه و مشابه ترانزیستوری است که بیس ندارد. از هر دو طرف (بایاس مستقیم و معکوس) جریان را عبور می‌دهد و روشن شدن آن بستگی به ولتاژ آستانه تعریف شده ( یا شکست ) دارد. برای اینکه دیاک جریان را هدایت کند، باید ولتاژ اعمالی به دو سر این قطعه به ولتاژ شکست آن برسد در غیر این صورت دیاک هدایت نمی‌کند و مقاومت بینهایتی را از خود نشان می‌دهد.

**کاربرد :**

دیاک در تولید پالس بکار برده می‌شود. در واقع دیاک و تریستور و ترایاک هم خانواده‌اند و همگی در حالت کلی، مانند دیود خاصیت هدایت‌کنندگی دارند اما با این تفاوت که تریستور و ترایاک عناصر سه‌پایه‌ای هستند که تکامل یافته‌اند و علاوه بر اینکه از هر دو طرف جریان را عبور می‌دهند دارای پایه گیت برای کنترل زمان عبور جریان نیز می‌باشند. کارایی دیاک در برق متناوب است. ولتاژ آستانه دیاک از ۲۰ الی ۵۰ ولت بسته به ساختار آن متفاوت است.

## تراشه (IC)

تراشه یا مدار مجتمع که برابر فارسی chip یا آی‌سی ( IC یا Integrated circuit) به مجموعه‌ای از مدارات الکترونیکی اطلاق می‌گردد که با استفاده از مواد نیمه‌رسانا ( عموماً سیلیکون همراه با میزان کنترل شده‌ای ناخالصی) در ابعادی کوچک (معمولاً کمتر از یک سانتی‌متر مربع) ساخته می‌شود. این مدارات معمولاً شامل دو یا سه نوع دستگاه الکترونیکی می‌باشند(مقاومت، خازن و ترانزیستور)؛ مهم‌ترین آن‌ها ترانزیستور می‌باشد. هر تراشه معمولاً حاوی تعداد بسیار زیادی ترانزیستور می‌باشد که با استفاده از فناوری پیچیده‌ای در داخل یک لایه از سیلیکن همگون و با ضخامتی یکنواخت و بدون ترک تزریق شده‌اند. امروزه تراشه‌ها در اکثر دستگاه‌های الکترونیکی و بویژه رایانه‌ها در ابعادی گسترده بکار می‌روند. وجود تراشه‌ها مرهون کشفیات بشر درباره نیمه رساناها و پیشرفت‌های سریع پیرامون آن‌ها در میانه‌های سده بیستم می‌باشد. ریزتراشه، ابزاری الکترونیکی است که مانند یک واحد، از اجزای ریز بسیار زیاد، به ویژه ترانزیستور، ساخته می‌شود. ریز تراشه داخل یک سوکت، در برد مدار چاپی، قرار می‌گیرد و به دیگر اجزا وصل می‌شود. یکی از خصوصیات ICها این است که هرگز تعمیر نمی‌شوند، یعنی اگر یک قطعه در داخل IC خراب شود، تعویض کل IC از تعمیر نمودن آن اقتصادی‌تر خواهد بود.

**انواع :**

- TTL
- CMOS

**کاربرد :**



هر ریز تراشه، وظیفه خاصی را انجام می‌دهد و با کد عددی شناسایی می‌شود. بعضی از ریز تراشه‌ها





با سـیگنال‌های آنالـوگ کار می‌کنند. بعضی‌های دیگر بـه عنوان ورودی‌های منطقی یا بـرای دریافت صوت دیجیتالی از یک CD با سیگنال‌های دیجیتال کار می‌کنند.

## میکروفن، اسپیکر و هدفون

### میکروفن

میکروفون دسـتگاه یا حس‌گری اسـت که صدا را به جریان الکتریسیته تبدیل می‌کند. میکروفون به شکل محاوره ای مایک (mike) نامیده می‌شـود و وسـیله‌ای اسـت که صوت را به الکتریسـیته و نیز حسگری است که صوت را به سـیگنال‌های الکتریکی تبدیل می‌کند. میکروفون‌ها کاربردهای زیادی در تلفن، ضبط صوت، سیستم‌های کارائوکه، سمعک، ساخت فیلم وانیمیشن، مهندسی صوت، تلفن‌های رادیویی خصوصی (همانند واکی‌تاکی اما در مسافت‌های بیشتر) بلندگوهای دستی، ساخت برنامه‌های رادیویی و تلویزیونی، ضبط صدا در رایانه‌ها، سیسـتم‌های تشخیص گفتار، voIP و نیز کاربردهای غیر صوتی (خارج از محدوده شنوایی انسان، از ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ کیلو هرتز) مانند بررسی فراصوت و سیستم‌های عیب‌یابی دارند.

### اسپیکر

بلندگـو به گونه‌ای دسـتگاه مبدل انرژی گفته می‌شـود که انرژی الکتریکی را به صـدا تبدیل می‌کند. واژه بلندگو ممکن اسـت تنها به یک ترانسدیوسـر (که به آن درایور گویند) و یا به سیسـتمی شـامل چندین درایور و همچنین دیگر قطعات الکترونیکی اطلاق شـود. بلندگو بخشـی از هر سیسـتم صوتی است و معمولاً تفاوت کیفیت در سیستم‌های صوتی ناشی از این بخش است و بیشترین اعوجاج در صدا در این بخش صورت می‌گیرد.

### هدفون

هدفون (Headphone) یا دوگوشی، از دو بلندگوی کوچک (در بعضی موارد یک بلندگو) که بر روی گوش کاربر قرار می‌گیرد تشکیل شده است و از طرفی به یک مولد صوت مثلا تقویت‌کننده صدا، رادیو یا پخش‌کننده دیسک فشرده متصل می‌شود. نام‌های دیگری که برای این وسیله استفاده می‌شود stereophones و هدست اسـت و یـا به انواعی که درون گوش قـرار می‌گیرند earphones نیز اطلاق می‌شـود. در مخابرات به مجموع هدفون و میکروفون که مثلا در تلفن برای یک ارتباط دوطرفه اسـتفاده می‌شـوند، هدست (Headset) گفته می‌شود.

## اپتوالکترونیک‌ها (قطعات نور گسیل)

قطعـات متنوعی به عنوان نور گسـیل بـه کار می‌روند. نوعی از این قطعات، سـلول‌های الکتروشـیمیایی نورگسیل (LEC) هستند. لایه نورگسیل این قطعات از لایه نشانی محلولی شامل مخلوطی از کمپلکس و یک پلیمر مزدوج سـاخته می‌شـود. سازوکار گسیل نور این نوع قطعات بر اساس واکنش الکتروشیمیایی است که در







حضور میدان الکتریکی( Electrochemiluminescence) انجام می‌شود.

***انواع :***

- لامپ
- LED
- فتوترانزیستور
- سلول‌های خورشیدی
- LEDها
- فوتوترانزیستورها
- دیودهای نوری
- مقاومت‌های نوری
- نشانگرهای بصری
- دتکتورها
- اپتوکوپلرها
- اپتوایزولاتور و...

***کاربرد :***

در تجهیزات اپتیکی، اپتوالکترونیکی و لیزری کاربرد این قطعات چشم گیرتر است. از دیگر کاربردها می‌توان به فناوری پیشرفته و به ویژه در صنایع دفاعی، تولید، انتشار و به کارگیری نور، آشکارسازی آن در نواحی مختلف بینایی و برهم‌کنش نور با ماده اشاره کرد.

## پتانسیل سنج

دستگاهی است که حرکت خطی را به پتانسیل الکتریکی تبدیل می‌کند. این دستگاه که بسیار ساده است و برای کنترل ولتاژ به کار میرود، به طور کلی عبارت است از مقاومت ثابتی که چنانچه ولتاژ را در دو سر آن برقرار کنیم رسانای لغزنده ای که به عنصر متحرک دستگاه متصل است، با مقاومت ثا بت در تماس است و در ضمن حرکت خطی روی آن، V را متناسب با فاصله پیموده شده دریافت کرده و روی صفحه ای مدرج اعلام می‌کند. سنج، وسیله‌ای الکتریکی است که از قطعه سیمی مقاوم (یا از ماده مقاوم الکتریکی) با مقاومت R تشکیل شده است و روی آن یک سر اتصال لغزنده قرار دارد که با سیم، اتصال الکتریکی برقرار می‌کند و معمولا در آزمایشگاه برای تنظیم و کنترل جریان از یک مقاومت متغیر استفاده می‌شود. پتانسیل منبع، در سه محل، اتصال الکتریکی دارد که عبارت است از نقطه A و B در دو سر سیم مقاوم، و سر اتصال لغزنده T.



**انواع :**

- کلاسیک روشن/خاموش
- دوگانه‌ی دوقطبی روشن/خاموش
- توان بالای پیش فرض
- ولتاژ بالای پیش فرض
- کلاسیک منفرد
- نوع Dual ganged
- چند دور پیش فرض
- PCB
- سلب مینیاتور
- مینیاتور

**کاربرد :**

پتانسیومترها به طور مستقیم برای کنترل قدرت قابل توجه (بیش از یک وات) به ندرت استفاده می‌شوند، توان تلف شده در پتانسیومتر با توان در بار کنترل شده مقایسه می‌شود. در عوض از آن‌ها برای تنظیم سطح سیگنال آنالوگ) مانند کنترل صدا در تجهیزات صوتی (به عنوان کنترل ورودی مدارهای الکترونیکی استفاده می‌شود. برای مثال دیمر (تیره‌کننده) نور لامپ از پتانسیومتر برای کنترل سوئیچینگ ترایاک و به طور غیر مستقیم برای کنترل نور لامپ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

## اسیلاتور یا نوسان‌ساز

اسیلاتور یا نوسان‌ساز مداری است که پس از طی مدت زمان کوتاهی پس از اتصال تغذیه مستقیم، به نوسان پایدار می‌رسد. اسیلاتورها در ابتدا با استفاده از فیدبک مثبت ناپایدار شده و دامنه نوسان رو به افزایش می‌نهد. اما در دامنه‌ای معین این افزایش دامنه متوقف شده و نوسان‌ساز در آن دامنه شروع به نوسان می‌کند. به طور خلاصه خصوصیات یک اسیلاتور را می‌توان به شرح زیر توصیف نمود:

- یک اسیلاتور بایستی دارای فیدبک مثبت برای افزایش دامنه نوسانات باشد.

- یک اسیلاتور می‌بایست پس از رسیدن به دامنه نهایی از ناپایدار شدن نوسانات جلوگیری کند و با آن دامنه به نوسانات خود ادامه دهد. این امر از طرق مختلفی قابل دستیابی است. برای مثال استفاده از خاصیت بهره ترانزیستور که در آن با افزایش دامنه سیگنال اعمالی به بیس ترانزیستور، بهره تقویتی ترانزستور کاهش می‌یابد و به جای تقویت، تضعیف صورت می‌گیرد. بهره متغیر ترانزیستور با پارامتر $G(x)$ نشان داده می‌شود و با سیگنال اعمالی به بیس ترانزیستور رابطه معکوس دارد.





***انواع :***

- انواع نوسان‌سازهای سینوسی
  - نوسان‌ساز هارتلی
  - نوسان‌ساز آرمسترانگ
  - نوسان‌ساز کولپیتس
- انواع نوسان‌سازهای غیر سینوسی
  - مولتی‌ویبراتور بی ثبات یا استابل
  - مولتی‌ویبراتور مونواستابل ( ۱ حالته )
  - مولتی‌ویبراتور بای استابل ( دو حالته)

***کاربرد :***

اسیلاتورها برای ساختن موج حامل انرژی رادیوئی و صوتی در مدارات رادیوئی استفاده می‌شوند. اصولا دارای خروجی موج سینوسی هستند؛ گرچه شکل موج‌ها می‌توانند مانند موج مربعی یا دندانه اره‌ای متفاوت باشند. شکل موج‌های سینوسی ممکن است DC یا AC باشند. اسیلاتورهای استفاده شده در مدارات رادیو فرکانسی، همیشه بخش‌های کم توان هستند (البته در مقایسه با ژنراتورهای AC پر توان)؛ با این وجود، ژنراتورهای ولتاژ AC و الکترونیکی در تولید موج سینوسی الکتریکی اشتراک دارند. تفاوت ژنراتورهای AC با الکترونیکی در این است که اسیلاتور الکترونیکی می‌تواند خروجی‌ای در محدوده فرکانسی ۱۰ MHz ایجاد کند. اسیلاتورهای ویژه می‌توانند خروجی در حدود میکروفرکانس تولید کنند.



## رله

رله نوعی کلید الکتریکی سریع یا بی‌درنگ است که با هدایت یک مدار الکتریکی دیگر باز و بسته می‌شود. روش کنترل باز و بسته شدن این کلید الکتریکی به صورت‌های مختلف مکانیکی، حرارتی، مغناطیسی، الکترو استاتیک و... می‌باشد. رله را ژوزف هانری در سال ۱۸۳۵ میلادی اختراع کرد. از آنجا که رله می‌تواند جریانی قوی‌تر از جریان ورودی را هدایت کند، به معنی وسیع‌تر می‌توان آن را نوعی تقویت کننده نیز دانست. در گذشته رله‌ها معمولاً با سیم‌پیچ ساخته می‌شد و از جریان برق برای تولید میدان مغناطیسی و باز و بسته کردن مدار سود می‌برد. امروزه بسیاری از رله‌ها به صورت حالت جامد ساخته می‌شوند و اجزای متحرک ندارند.

***انواع :***

- رله آورکارنت
- رله دیستانس
- رله دیفرانسیل



- رله بوخهولتز
- رله سنجشی
- رله زمانی
- رله جهت یاب

***کاربرد :***

حسن رله‌ها این است که با استفاده از توان کم که بطور مثال از یک مدار کم توان می‌آید، مداری با توان بسیار بیشتر را وصل می‌کنند، مثلاً به وسیله‌ی رله و با استفاده از ولتاژی معادل ۵V و جریانی معادل ۵۰ mA می‌توان مداری با ولتاژ ۱۲۰ AC و ۲A را وصل کرد.

رله‌ها در وسایل خانگی (مثل موتور یا چراغ) که به وسیله‌ی یک کنترل الکتریکی روشن می‌شوند رایج هستند. رله‌ها همچنین در اتومبیل‌ها رایج می‌باشند چرا که باید جریان بسیار زیادی (به وسیله‌ی این رله‌ها ) از ولتاژی به میزان ۱۲V گرفته شود. حفاظت تجهیزات و دستگاه‌های سیستم قدرت در مقابل عیوب و اتصالی‌ها، به وسیله کلید قدرت انجام می‌گیرد قبل از اینکه کلید قدرت بتواند باز شود، سیم‌پیچی عمل‌کننده آن باید تغذیه شود، این تغذیه به وسیله رله‌های حفاظتی انجام می‌پذیرد.

---

## باتری

منبع توان الکتروشیمیایی یا باتری وسیله‌ای است که انرژی آزادشده از واکنش شیمیایی را مستقیماً به الکتریسیته تبدیل می‌کند. باتری از مجموع چند سلول الکتروشیمیایی تشکیل شده است که اساساً عملکرد این سلول‌ها بر تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریسیته و بالعکس است. انرژی قابل دریافت در قطب‌های باتری به ازای واحد بار الکتریکی را نیروی محرکه الکتریکی (Electromotive force) یا (emf) باتری می‌گویند و آن را با یکای ولت اندازه‌گیری می‌کنند. قطب مثبت باتری آند و قطب منفی آن کاتد نام دارد.

***انواع :***

- **باطری‌های غیرقابل شارژ**
  - لیتیم (Lithium )
  - الکالاین یا قلیایی (Alkaline )
- **باتری‌های شارژ شدنی**
  - نیکل کادمیم (Ni-cd)
  - باتری‌های هیبرید نیکل فلز
  - باتری‌های لیتیم یون(Lithium-Ion )
  - پولیمر لیتیم یون (Li-Ion polymer )





**کاربرد :**

هر باتری را بر اساس واکنش شیمیایی درون آن تعریف می‌کنند. آنچه که در باتری برای تبدیل دو صورت انـرژی رخ می‌دهد، حاصل تبادل الکتریسـیته شارژشـده بین یون‌ها اسـت که در دو الکتـرود جداگانه حاصل می‌شـود. بدین صورت که یک الکترود یون آزاد کرده و الکترود دیگر الکترون جذب می‌کند و این گونه مسـیر بسـته جریانی به وجود می‌آید. بدین گونه هر سـلول الکتروشـیمیایی را می‌توان تشـکیل یافته از سه عنصر به حسـاب آورد: الکترودهای مثبت (آند) و منفی (کاتد) و الکترولیت. در صورتی که سلول‌های الکتروشیمیایی به صورت سری به یکدیگر وصل شوند، باتری حاصل شده دارای سطح ولتاژ بیشتری نسبت به سلول‌هاست و در صورتی که سلول‌ها به صورت موازی به یکدیگر وصل شوند، توان بیشتر خواهیم داشت.

## فیوز

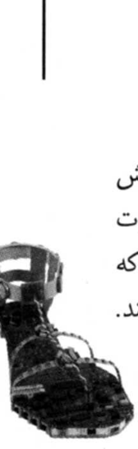
عنصر اصلی ساخت فیوز، یک نوار فلزی است که در یک محفظه غیر رسانا قرار دارد. با عبور جریان بیش از حد مجاز، نوار فلزی ذوب شده و مدار الکتریکی قطع می‌شود.

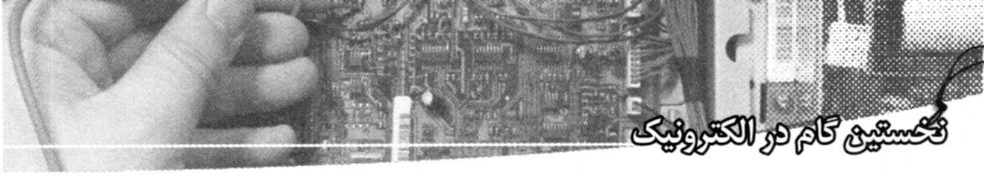
**انواع :**

- انواع فیوزها از نظر سرعت عملکرد
  - فیوزهای کندکار
  - فیوزهای تندکار
- انواع فیوزها از نظر ساختار
  - فیوزهای فشنگی
  - اتوماتیک (آلفا)
  - مینیاتوری
  - بوکسی
  - کاردی (تیغه‌ای)
  - شیشه‌ای یاکارتریج
  - فیوزهای فشار

**کاربرد :**

فیوز وسیله‌ای است که مدارهای الکتریکی را در برابر جریان غیر مجاز محافظت می‌کند. اگر جریانی بیش از جریان حدآسـتانه از فیوز بگذرد فیوز می‌سـوزد و بدین ترتیب جریان برق، قطع خواهد می‌شـود. به عبارت سـاده، فیوز یک وسـیله حفاظتی است که در تجهیزات و مدارات الکتریکی به کار برده می‌شود تا در مواقعی که جریانی بیشتر از حد انتظار از وسیله عبور می‌کند، با سوختن فیوز مدار قطع شود تا تجهیزات دیگر آسیبی نبینند.







## یکسوکننده

یکسوکننده یا رکتیفایر (Rectifier) وسیله‌ای است که جریان متناوب را به جریان مستقیم تبدیل می‌کند (دقیق‌تر این است که بگوییم ولتاژ متناوب را به ولتاژ مستقیم تبدیل می‌کند.) یکسوکننده خود یک مدار است که معمولاً در آن از یک یا چند دیود استفاده می‌شود. کار دیود این است که جریان را تنها از یک جهت عبور می‌دهد و از عبور آن در جهت مخالف پیشگیری می‌کند. البته گاهی به جای دیود از وسایل دیگر مانند تریستور استفاده می‌شود.

***انواع :***

عنصر یکسوکننده در الکترونیک صنعتی معمولا دیود یا تریستور یا لامپ‌های گاز و خلا می‌باشد.

درصورتی که در یکسوساز از دیود استفاده شود، یکسوساز را غیر کنترل‌شونده (Un Controlled Rect) و اگر از تریستور استفاده شود، یکسوکننده را کنترل‌شونده (Controlled Rect) گویند.

***کاربرد :***

یکسوکننده‌ها مداراتی هستند که از یک شبکه جریان متناوب، در مصرف کننده جریانی مستقیم یا بار (Load) بوجود میاورند.

## سوئیچ

کلید یا سوئیچ (Switch) وسیله‌ای برای قطع و وصل یا تغییر مسیر جریان الکتریسیته در یک مدار است. پرکاربردترین شکل آن، کلید مکانیکی است که اغلب با نیروی دست و تحت فرمان انسان عمل می‌کند. انواع دیگری از کلیدهای مکانیکی وجود دارند که بر اثر حرکت یا تغییر وضعیت بکار می‌افتند. کلیدهای کوچک درب‌های برقی و یا درب‌های خودرو از این گونه‌اند. کلیدهای خودکار مانند کلید نوری (دارای حسگر نور) و یا دماپا، انواع دیگری از کلیدها هستند.

***انواع :***

- کلید یک پل
- کلید دو پل
- کلید تبدیل
- کلید صلیبی
- کلید فشاری
- کلید چاقویی
- کلیدهای خاص
  - حساس به ارتعاش







- حساس به نور
- حساس به دما
- حساس به صدا
- کلیدهای دارای زمان‌سنج (مثل کلید راه پله)

**کاربرد :**

از آنجا که کلیدها یکی از حالت‌های روشن یا خاموش (قطع یا وصل) را دارند، با ایجاد سیگنال دیجیتال در جبر بولی نیز کاربرد داشته و ترکیبی از آن‌ها، تشکیل یک دروازه منطقی می‌دهند. این خاصیت کلیدها، اساس و پایه رایانه و علوم مربوط به آن را شکل می‌دهد. به عبارت دیگر یک رایانه سامانه‌ای است که از تعداد بسیار زیادی کلید الکترونیکی تشکیل شده که این کلیدها تابعی از دروازه‌های منطقی هستند.

## مولتی‌متر

مولتی‌متر دستگاهی است که به وسیله آن می‌توان چند کمیت مختلف را اندازه‌گیری کرد. تمام مولتی‌مترها با جزئی اختلاف مانند یکدیگر هستند. مولتی‌متر دیجیتال از یک قاب متحرک تشکیل شده است که در داخل یک میدان مغناطیسی دائمی قرار گرفته و میزان چرخش آن را به صورت سیگنال نشان می‌دهد. وقتی جریان معینی از قاب عبور می‌کند، صفحه دیجیتال و یا عقربه ای متصل به آن تغییر کرده و مقدار جریان را نشان می‌دهد.

**انواع :**

- دیجیتال
- عقربه ای
- پرتابل و...

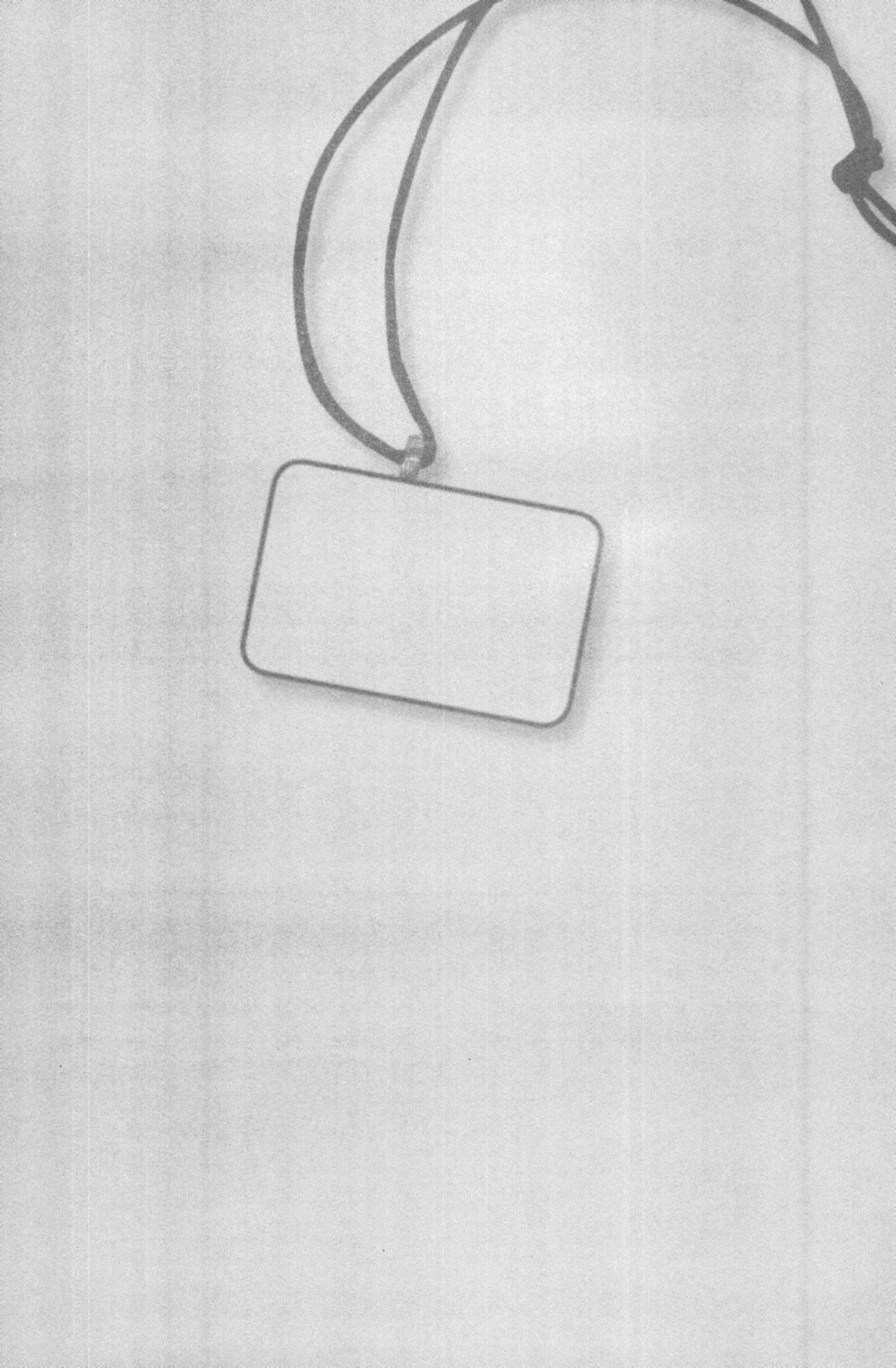
## آنتن

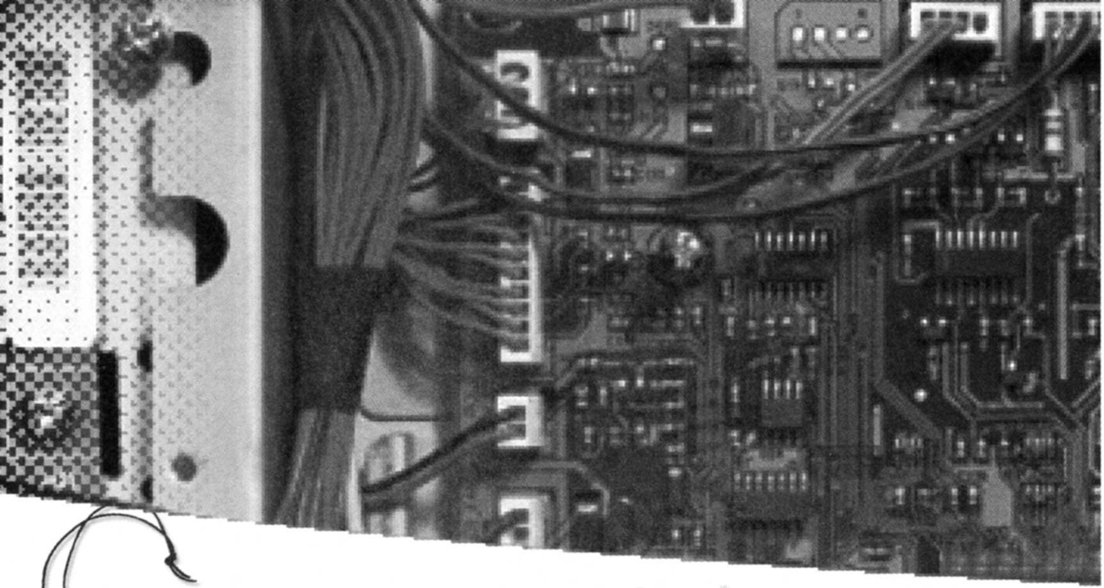
به طور کلی آنتن از یک سیم مستقیم تشکیل شده است که اگر در فرستنده به کار رود، امواج فرستنده را به امواج الکترومغناطیس تبدیل نموده و پخش می‌نماید و اگر در گیرنده به کار رود، امواج الکترومغناطیسی موجود در فضا را دریافت نموده و تبدیل به امواج الکتریکی نموده و جهت آشکار شدن، به مدار گیرنده می‌دهد.

**انواع :**

- آنتن نیم موج (هرتز)
- آنتن مارکونی
- آنتن یاگی
- آنتن بشقابی
- آنتن تلسکوپی







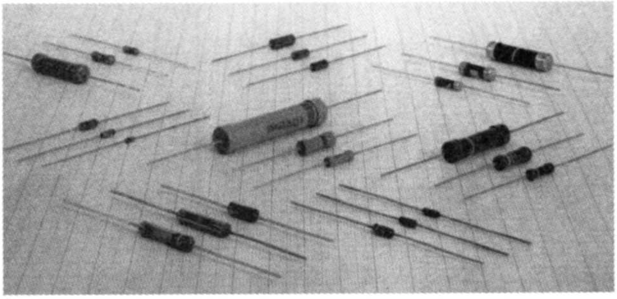


# فصل سوم

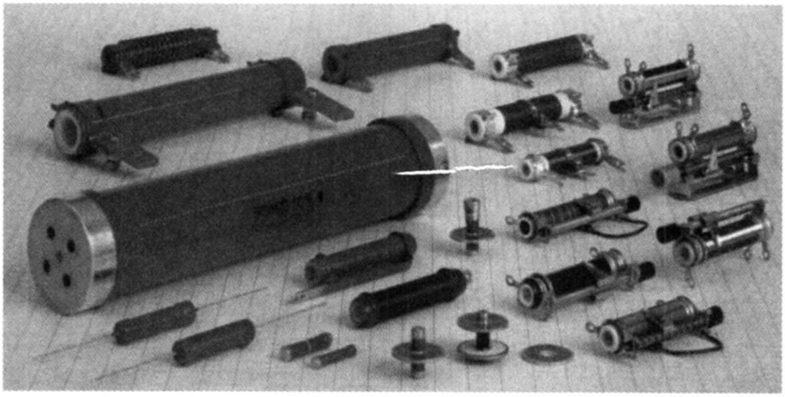
## مقاومت

### مقدمه

مقاومت‌ها از پرکاربردترین قطعات در الکترونیک به شمار می‌روند و کاربردشان در ایجاد میزان مشخصی از جریان یا ولتاژ در مدار است. در تصاویر زیر تعدادی از مقاومت‌های مختلف را مشاهده می‌کنید. (مقاومت‌ها روی کاغذ شطرنجی به نمایش گذاشته شده که فاصله هر خانه آن ۱ سانتی‌متر است تا بتوان نسبت به ابعاد دید بهتری پیدا کرد). در تصویر ۳،۱a تعدادی از مقاومت‌های با توان کم [کم‌توان] و در تصویر ۳-۱b مقاومت‌هایی بـا تـوان بالا [پرتوان] را مشـاهده می‌کنید. مقاومت‌هایی با اتلاف انرژی کم‌تـر از ۵ وات (نوع رایج) به صورت اسـتوانه‌ای هسـتند و دو سـیم از دو سـمت آن‌ها بیرون زده تا از این طریق به مدار وصل شوند (شکل ۳،۱a). مقاومت‌هایی با اتلاف انرژی بیش از ۵ وات در تصویر ۳،۱b به نمایش درآمده‌اند.

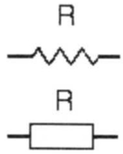


**تصویر ۳-1a**. *تعدادی از مقاومت‌های با توان کم*



**تصویر ۳-1b .** *تعدادی از مقاومت‌های با توان بالا*

نماد مقاومت در شکل شماتیک زیر به نمایش درآمده است (در بالا: نماد آمریکایی- در پایین: نماد اروپایی)




**تصویر ۳-۲a .** *نماد مقاومت‌ها*

واحد اندازه‌گیری مقاومت، اهم (Ohm) (حرف لاتین Ω به نام امگا)، است. مقدار مقاومت‌های بالاتر، با نماد K[1] (کیلو اهم) و M (مگا اهم) نشان داده می‌شوند. برای مثال ۱۲۰/۰۰۰Ω به صورت ۱۲۰K و ۱/۲۰۰/۰۰۰Ω را به صورت ۱M۲۰ نشان داده می‌شوند. نقطه بعد از ۱M۲۰ معمولاً حذف می‌شود چرا که از فرآیند چاپ احتمال حذف آن زیاد است. در دیاگرام برخی مدارها به طور مثال اعداد ۸ یا ۱۲۰ به تنهایی نشان‌دهنده مقاومت به اهم می‌باشد در حالی که شکل رایج دیگر آن به کار بردن حرف E یا R است. به طور مثال ۱۲۰E (۱۲۰R) همان ۱۲۰Ω و 1E2، همان 1R2 است و به همین ترتیب...

## نشانه‌گذاری مقاومت‌ها

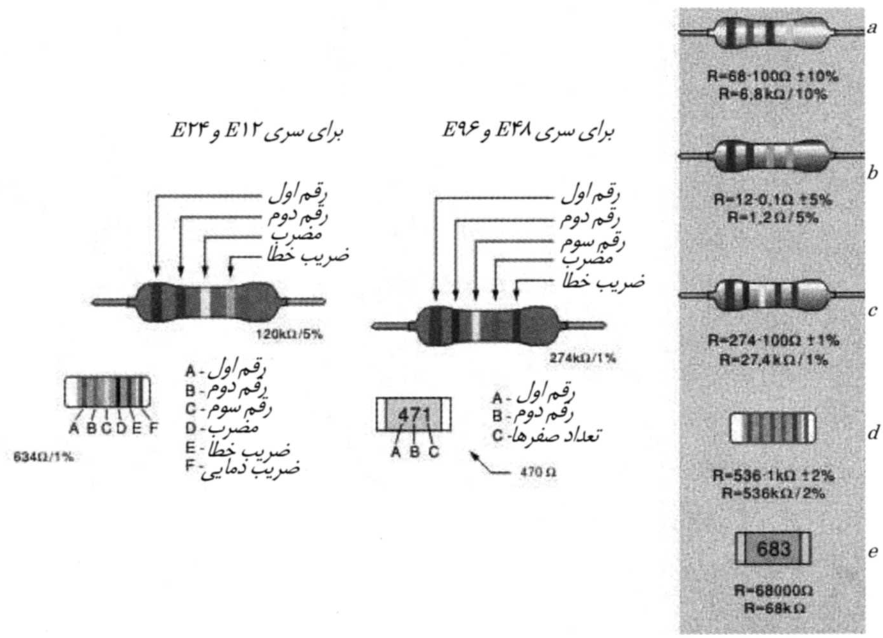
درجه هر مقاومت روی بدنه‌ی آن ثبت شده است. اغلب مقاومت‌ها ۴ نوار روی بدنه خود دارند. دو نوار اول عدد مقاومت، نوار سوم، تعداد صفرهای جلوی این اعداد، و نوار چهارم میزان ضریب خطا را نشان می‌دهد. مقاومت‌های با ضریب خطای ٪۱، ٪۲ و ٪۵ بیش‌ترین انواع در دسترس هستند.

---

۱- $k\Omega = 10^3$ اهم / $M\Omega = 10^6$ اهم

| رنگ | رقم | ضریب | ضریب خطا | TC* |
|---|---|---|---|---|
| نقره‌ای | -- | ×۰/۰۱Ω | ±۱۰٪ | -- |
| طلائی | -- | ×۰/۱Ω | ±۵٪ | -- |
| مشکی | ۰ | ×۱Ω | -- | -- |
| قهوه‌ای | ۱ | ×۱۰Ω | ±۱٪ | $\pm ۱۰۰\times ۱۰^{-۶}/K$ |
| قرمز | ۲ | ×۱۰۰Ω | ±۲٪ | $\pm ۵۰\times ۱۰^{-۶}/K$ |
| نارنجی | ۳ | ×۱KΩ | -- | $\pm ۱۵\times ۱۰^{-۶}/K$ |
| زرد | ۴ | ×۱۰KΩ | -- | $\pm ۲۵\times ۱۰^{-۶}/K$ |
| سبز | ۵ | ×۱۰۰KΩ | ±۰،۵٪ | -- |
| آبی | ۶ | ×۱MΩ | ±۰،۲۵٪ | $\pm ۱۰\times ۱۰^{-۶}/K$ |
| بنفش | ۷ | ×۱۰MΩ | ±۰،۱٪ | $\pm ۵\times ۱۰^{-۶}/K$ |
| طوسی | ۸ | ×۱۰۰MΩ | -- | -- |
| سفید | ۹ | ×۱GΩ | -- | $\pm ۱\times ۱۰^{-۶}/K$ |

* TC [ضریب دمایی- صرفاً دستگاه‌های SMD[1]].

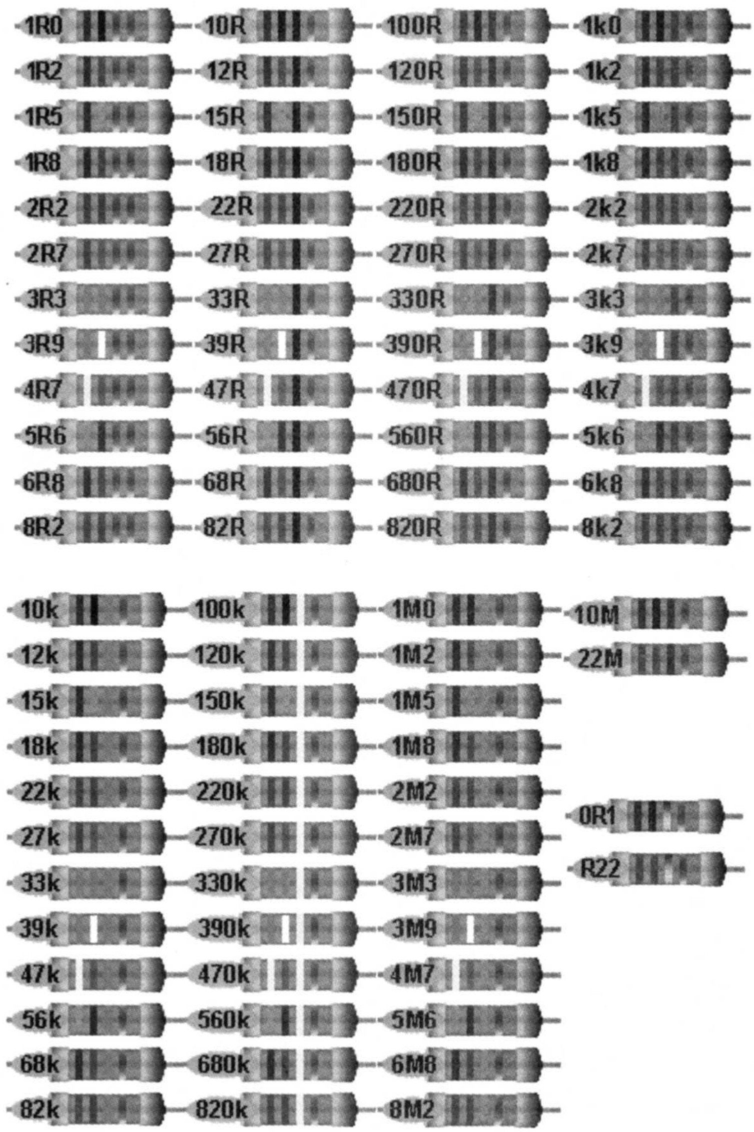



**تصویر ۳-2b .** a و b . مقاومت‌های ۴ خطی؛ c . مقاومت ۵ خطی؛ d . مقاومت‌های SMD استوانه‌ای؛ e . مقاومت‌های SMD تخت .

فصل سوم

۱- SMD (surface – Mounted devices) {مترجم}

اشکال زیر، از یک دهم اهم (0R1) تا ۲۲ میلیون اهم (22M) را نشان می‌دهند:




➜ **توجـه :** مقاومت‌های بالا، گونه رایج با ضریب خطاهای ٪۵ هستند. نوار چهارم، نوار ضریب خطا نامیده می‌شود (طلائی = ٪۵). *(نوار طوسی چهارم نشان‌دهنده ضریب خطای ٪۱۰ است. اما امروزه مقاومت‌های جدید هیچ کدام ضریب خطای ٪۱۰ ندارند !!!).* مقاومت‌های معمول، بین ۱۰ اهم تا 22M هستند

## مقاومت‌های کم‌تر از ۱۰ اهم

اگر نوار سـوم طلایی باشـد، بدان معنی است که عدد حاصله از نوار اول و دوّم باید در $۱۰^{-۱}$ « یا ۰/۱» ضرب شود تا بتوان به مقادیر ۱R۰ تا ۸R۲ رسید. به طور مثال به ستون اول در تصویر قبل نگاه کنید.

اگر نوار سـوم نقره‌ای باشـد، بدان معنی اسـت که عدد حاصله از نوار اول و دوّم بایدِ در $۱۰^{-۲}$ یا ۰/۰۱ ضرب شـود. (برای آن که بهتر به خاطر بسپارید! تعداد حرف‌های واژه‌های SILVER بیش‌تر از GOLD است، پس تعداد اعشارش هم بیش‌تر است.)

مثال: ۰R۱= Ω ۰/۱ و ۰R۲۲= ۰/۲۲Ω به ستون چهارم در بالا نگاه کنید.

حروف R، K و M، درست در محل اعشار قرار می‌گیرند. (حرف E نمایانگر واژه‌ی «ohm» است.)

مثال:[1]

۱R۰=۱ ohm ؛ ۲R۲=۲/۲ «ohms» ؛ ۲۲R=۲۲ «ohms»

۲K۲=۲/۲۰۰ «ohms» ؛ ۱۰۰K=۱۰۰/۰۰۰«ohms»

۲M۲=۲/۲۰۰/۰۰۰«ohms»

همان‌طـور که توضیح داده شـد و در تصاویر بـالا دیدید، مقاومت‌های معمول، ۴ نوار دارند. نشـانه‌گذاری مقاومت‌ها با ۵ نوار معمولاً در مقاومت‌های با ضریب خطای ٪۲ و ٪۱ و دقیق‌تر، استفاده می‌شود.

سـه نوار اول، سـه رقم را نشـان می‌دهنـد، نوار چهارم، تعـداد صفرها و نوار پنجم، ضریب خطا را نشـان می‌دهد. در SMDها (Surface- Mounted Device) بدلیل ابعاد بسـیار کوچک، در مقاومت‌های ٪۵ یک کد ۳ رقمی و در مقاومت‌های ٪۱، از یک کد ۴رقمی استفاده می‌کنند.

شـکل رایج بـرای مقاومت‌های SMD، تخت اسـت اما برخی نیز به صورت اسـتوانه‌ای تولید می‌شـوند. مقاومت‌های SMD اسـتوانه‌ای ۶ نوار دارند؛ که ۵ نوار اول مانند مقاومت‌های ۵ خطی عادی خوانده می‌شود و نوار ششم مربوط به ضریب دمایی (TC) خواهد بود.

TC، میزان تغییر مقاومت را به ازای تغییر دمای $۱C^{\circ}$ نشان می‌دهد. میزان مقاومت، مقاومت‌های SMD، در قسمت بالایی آن‌ها درج شده است، دو رقم اول، میزان مقاومت و رقم سوم تعداد صفرها را نشان می‌دهد. به طور مثال عدد ۶۸۳، نشان‌گر ۶۳۰۰۰Ω یا همان ۶۳K است.

اگرچه بدیهی اسـت که انبوهی از انواع مقاومت‌ها وجود دارد، اما بیش‌ترین مقاومت‌هایی که مورد استفاده قرار می‌گیرند، مقاومت‌های سـری E۱۲ هسـتند که ضریب خطاهای معادل ٪۵ دارند. عددهای رایج برای دو رقم اول، ۱۰، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۲۲، ۲۷، ۳۳، ۳۹، ۴۹، ۵۶، ۶۸ و ۸۲ است. سری E۲۴ تمام مقادیر بالا را شامل می‌شوند به علاوه‌ی: ۱۱، ۱۳، ۱۶، ۲۰، ۲۴، ۳۰، ۳۶، ۴۳، ۵۱، ۶۲، ۷۵ و ۹۱.

---

۱- *در واقع آنچنان هم پیچیده نیست!:* $K = 10^3; M = 10^6; R\sim10^{-1}$
*بنابراین:* $2M2 = 2.2 \times 10^6 = 2/200/000$

## این اعداد چه معنایی دارند؟!

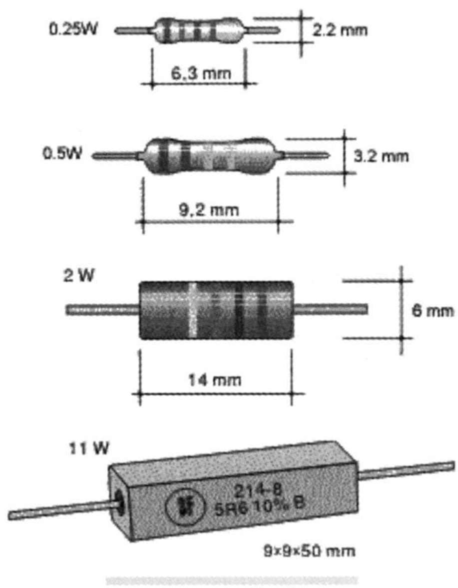
این اعداد بدان معناست که مقاومت‌هایی با ارقام به طور مثال ۳۹ تولید می‌شوند:

۰/۳۹Ω ، ۳/۹Ω ، ۳۹Ω ، ۳۹۰Ω.، ۳/۹kΩ، ۳۹kΩ و ...

در برخی مدارهای الکتریکی، ضریب خطا، اهمیتی ندارد و به طور خاص تعیین نشده است. در این شرایط مقاومت‌های ٪۵ می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. در حالی که در دستگاه‌هایی که نیاز به دقت خاصی دارند، ضریب خطا باید مشخص شود.

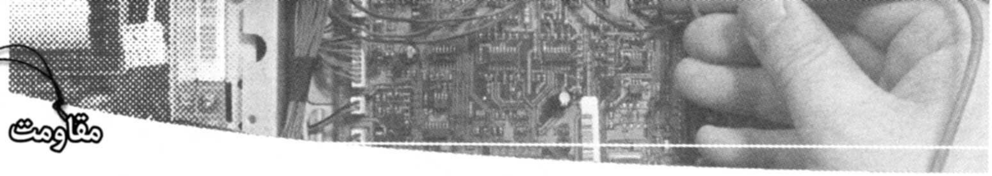
## اتلاف در مقاومت‌ها

چنان‌چه جریان عبوری از یک مقاومت افزایش یابد، مقاومت گرم می‌شود که این میزان دما اگر به حد خاصی برسد ممکن است به آن آسیب برساند. درجه‌بندی مقاومت‌ها بر حسب وات (Watt)، نشان‌دهنده‌ی میزان توانی است که مقاومت در بازه زمانی طولانی اتلاف خواهد کرد. درجه‌بندی بر حسب وات در مقاومت‌های کوچک بی‌معنی است. دیاگرام زیر، نشان‌دهنده اندازه و درجه‌بندی وات در هر مقاومت است.




**تصویر ۳-۳ :** *ابعاد مقاومت‌ها*

درجه وات (W) مقاومت‌هایی که معمولاً در مدارها استفاده می‌شوند، ۱/۲W تا ۱/۴W است. گرچه مقاومت‌هایی با درجات بالاتر (۵W، ۲W، ۱W و...) یا پایین‌تر (۱/۱۶ یا ۱/۸W) هم وجود دارند. به جای به کار بردن تنها یک مقاومت با میزان اتلاف معین، ممکن است بتوان مقاومت دیگری با وات بالاتر به کار برد، اما نکته اینجاست که ابعاد بزرگ‌تر آن، در بوردهای آماده و چاپ شده (printed circuit)، فضای بیش‌تری را





اشغال کرده و طبیعتاً هزینه بیش‌تری نیز در بر خواهد داشت.

توان (واحد آن W است) می‌تواند از طریق یکی از فرمول‌های زیر محاسبه شود. در فرمول‌های زیر، U نشان‌دهنده‌ی میزان ولتاژ[1] (V)، I نشان‌دهنده میزان شدت جریان[2] (Amps) و R مقاومت[3] (Ω) است.

$P=V.I$

$P=R.I^2$

$P=\frac{V^2}{R}$

برای مثال چنان‌چه ولتاژ مدار ۱۲V و مقاومت ۸۲GΩ باشد، توان اتلافی بر حسب وات در مقاومت برابر است با:

$$P=\frac{V^2}{R}=\frac{12^2}{820}=\frac{0}{176w}=176mW$$

[4]بنابراین مقاومتی با درجه وات $\frac{1}{4}$w مناسب خواهد بود.

در خیلی از موارد محاسبه میزان جریان یا ولتاژ در مدار آن چنان ساده هم نیست. در چنین شرایطی نهایتاً میزان توان اتلافی مقاومت را تعیین می‌کنیم. بیش‌ترین ولتاژ ممکنه را به صورت فرضی (مثلاً: حداکثر ولتاژ خروجی از منبع تغذیه (باتری) در نظر خواهیم گرفت؛ چنان‌چه این ولتاژ را با VB نشان دهیم، حداکثر میزان اتلاف به صورت زیر خواهد بود:

$$p=\frac{V_B^2}{R}$$

به طور مثال، چنان‌چه $۹V=V_B$، میزان اتلاف یک مقاومت ۲۲۰Ω به صورت زیر خواهد بود:

$$p=\frac{9^2}{220}=368mW$$

بنابراین مقاومتی با درجه وات $\frac{1}{2}$W مناسب خواهد بود.

## مقاومت‌های غیر خطی

میزان مقاومت در مقاومت‌هایی که پیش از این در موردشان بحث شد، ثابت است و در صورت تغییر میزان ولتاژ یا جریان، تغییری نمی‌کند. در برخی مدارها ممکن است با توجه به تغییر میزان روشنایی یا تغییر دما، به تغییر میزان مقاومت نیاز داشته باشیم. شکل تابع این تغییر ممکن است به صورت خطی نباشد؛ و به همین



---

۱- V= Volt، واحد اختلاف پتانسیل در SI

۲- Amps= Amperes، واحد شدت جریان در SI

۳- Ω= ohms، واحد مقاومت در SI

۴- در مثال‌های بالا طبیعتاً مقاومت‌هایی مناسب خواهند بود که درجه وات آن‌ها بیش از ۰/۱W؛ به طور مثال: ۰/۲۵W یا بیش از ۰/۳W، به طور مثال ۰/۵W باشد!



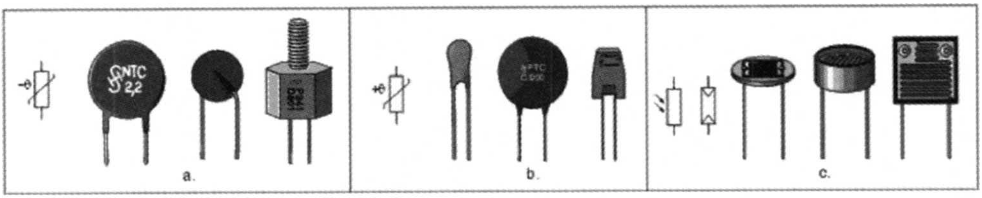
دلیل این دسته از مقاومت‌ها را «غیر خطی» می‌نامند. انواع گوناگونی از مقاومت‌های «غیر خطی» وجود دارد. امّا شایع‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

تصویر (a): مقاومت‌های NTC[1] (ضریب دمایی منفی)- با افزایش دما، مقاومت‌شان کم می‌شود.

تصویر (b): مقاومت‌های PTC[2] (ضریب دمایی مثبت)- با افزایش دما، مقاومت‌شان زیاد می‌شود.

تصویر (c): مقاومت‌های LDR[3] (وابسته به نور)- با افزایش نور، مقاومت‌شان کم‌تر می‌شود.

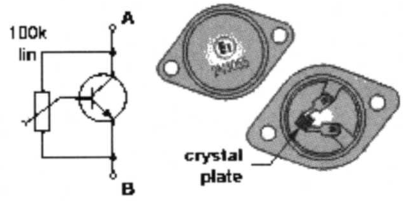
مقاومت‌های VDR[4] (وابسته به ولتاژ)- با رسیدن میزان ولتاژ به یک رقم خاص، مقاومت‌شان شدیداً کم می‌شود. نماد این مقاومت‌ها را در زیر می‌بینید.




**تصویر ۳-۴-a :** *مقاومت‌های غیر خطی ـ(a) NTC. (b) PTC. (c) LDR.*

در شرایط غیر حرفه‌ای، ممکن است مقاومت‌های غیر خطی در دسترس نباشند که در این صورت با قطعات دیگری می‌توان جای آن‌ها را پر کرد.

به طور مثال می‌توان برای تنظیم میزان خاص مقاومت، به جای مقاومت‌های NTC، از یک مقاومت دارای پتانسیل‌سنج متغیر استفاده کرد. ممکن است از چراغ اتومبیل بتوان به جای یک مقاومت PTC و یا از یک ترانزیستور باز شده به جای یک مقاومت LDR استفاده کرد.

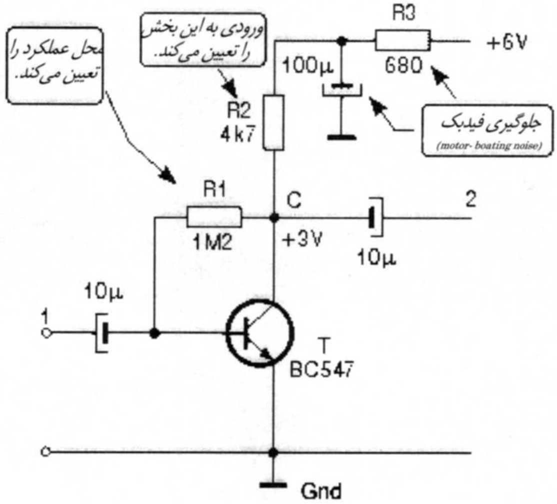



**تصویر ۳-۴-b :** *در شکل روبرو، می‌توانید یک ۲N۳۰۵۵ را ببینید که قسمت بالایی آن برداشته شده تا نور بتواند از بالا به کریستال داخلی آن بتابد .*

۱- *Negative Temperature Co-efficient*
۲- *Positive Temperature Co-efficient*
۳- *Light Dependent Resistors*
۴- *Voltage Dependent Resistors*

## مثال‌های عملی با مقاومت‌ها

تصویر ۵-۳ مثال‌هایی از کاربرد مقاومت‌های غیر خطی و مقاومت‌های معمولی (دارای پتانسیل‌سنج متغیر) را نشان می‌دهد. اجزای مدار در فصول آینده شرح داده خواهد شد.




**تصویر ۳-۵a :** *آمپلی‌فایر RC* [۲]

تصویر ۳-۵ a، یک آمپلی‌فایر RC را نشان می‌دهد که می‌تواند در تقویت سیگنال‌های کم‌فرکانس یا کم دامنه (به طور مثال در سیگنال‌های میکروفن) مورد استفاده قرار گیرد. سیگنالی که قرار است تقویت شود به حلقه اول (ورودی آمپلی‌فایر) و gnd برده می‌شود در حالی که سیگنال تقویت شده‌ی حاصله، به حلقه دوّم و gnd برده خواهد شد.

برای رسیدن به بهترین کیفیت (دامنه بالا، تلاطم کم، خش خش (noise) کم‌تر و...)، محل عملکرد ترانزیستور باید تنظیم شود. جزئیات مربوط به «محل عملکرد»، در فصل چهارم، توضیح داده خواهد شد. در اینجا ذکر همین مطلب کافی است که ولتاژ DC بین حلقه C و gnd، باید حدوداً نصف ولتاژ باتری (منبع تغذیه) باشد، بنابراین چنان‌چه فرضاً ولتاژ باتری ۶V بود، ولتاژ در حلقه C باید روی ۳V تنظیم شود که این تنظیم بوسیله مقاومت R۱ صورت می‌پذیرد. میان حلقه C و gnd یک ولت سنج وصل کنید. چنان‌چه ولتاژ از ۳V بیش‌تر شد، مقاومت R۱ (۱،۲MΩ) را با مقاومت کوچکتری (مثلاً ۱MΩ) عوض کنید.

درجه‌ی دامنه این بخش از مدار، به میزان مقاومت R۲ بستگی دارد: هرچه مقاومت بیش‌تر - دامنه بالاتر و برعکس اگر میزان R۲ تغییر کند، میزان ولتاژ در حلقه C مجدداً باید بوسیله R۱ بررسی و تنظیم گردد.

---

۱- *در فصل چهارم، مبحث ترانزیستور به طور مفصل توضیح داده شده است. با رجوع به آن فصل و آشنایی با جزئیات ترانزیستور، معنی این جمله را درک خواهید کرد!*

۲- *RC به معنای ترکیب مقاومت و خازن در یک مدار است.*

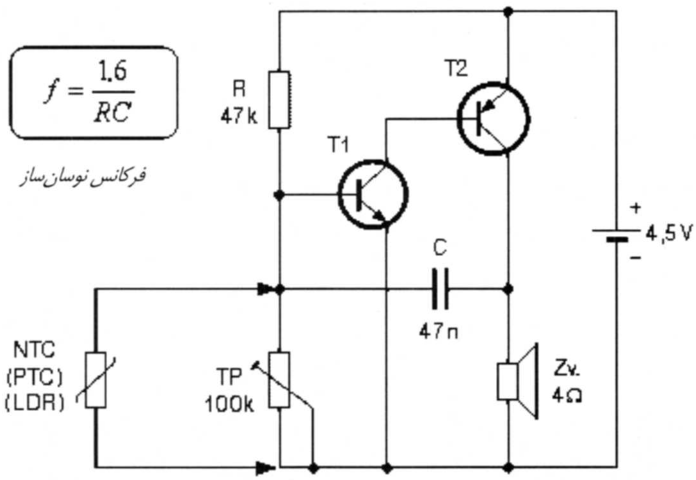
مقاومـت R۳ و خازن ۱۰۰ μF مانند فیلتر عمل کرده و از فیدبک جلوگیری می‌کنند. این فیدبک «motor-boating» نـام دارد چـرا که صدای تولیدی شـبیه به صدای موتور قایق اسـت. این صدا فقـط هنگامی ایجاد می‌شود که بیش از یک پایه (Stage) به کار برده شود. هرچه پایه‌ها و بخش‌های بیش‌تری به یک مدار افزوده شود، احتمال بروز فیدبک به صورت ناپایداری صوت یا motor-boating بالا می‌رود. پارازیت (noise) ایجاد شـده حتی در صورتی که هیچ سـیگنالی به آمپلی‌فایر داده نشـود نیز در خروجی آمپلی‌فایر ایجاد خواهد شـد. ناپایداری به صورت‌های زیر ایجاد می‌شود:

اگرچه هیچ سـیگنالی به ورودی آمپلی‌فایر وارد نمی‌شـود اما بخش خروجی مدار یک پارازیت پس‌زمینه به صورت «hiss» ایجاد می‌کند. علت این پارازیت جریان عبوری از مقاومت‌ها و اجزای دیگر مدار است. این امر، موجی را در خطوط مدار ایجاد می‌کند که این موج به ورودی اولین مقاومت منتقل شده و بدین ترتیب چرخه‌ی تولید پارازیت، شکل خواهد گرفت.

سرعت عبور سیگنال از مدار، فرکانس ناپایداری صوت را مشخص می‌کند. بوسیله افزودن مقاومت به هر بخش یا پایه‌ی مدار، یک فیلتر فرکانس پایین، شـکل می‌گیرد و بدینوسـیله می‌توان دامنه‌ی سیگنال مزاحم را کاهـش داده یا از بین برد. میزان مقاومت R۳ در صورت لزوم می‌تواند افزایش داده شـود. مثال‌های عینی و عملی از مقاومت‌ها در فصول آینده مورد بحث و بررسی قرار خواهند گرفت.

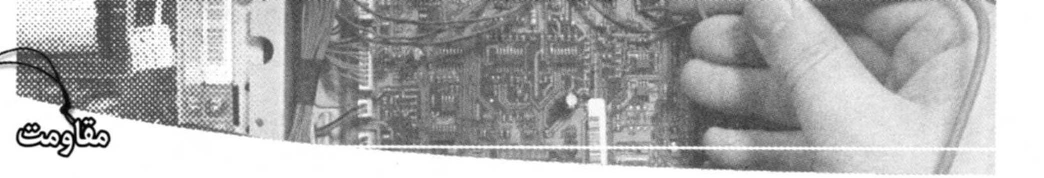
$$f = \frac{1.6}{RC}$$

*فرکانس نوسان‌ساز*




**تصویر ۳-۵b:** *نشانگر صوتی حساس به دما و میزان نور*

از موارد استفاده از مقاومت‌های غیر خطی، می‌توان به تصویر ۳،۵-b اشاره کرد که نمونه‌ای از سیستم‌های هشـدار دهنده اسـت. بـدون وجود مقاومـت TP متغیر و NTC غیر خطی، این سیسـتم خود بـه تنهایی یک نوسان‌ساز صوتی است. فرکانس صوت می‌تواند بوسیله فرمول زیر بدست آید:





$$f=\frac{۱/۶}{RC}$$

در مورد این سیستم RΩ۴۷K= و C۴۷nF= و بسامد برابر خواهد بود با:

$$f=\frac{۱/۶}{۴/۷\times ۱۰^{۳}\times ۴۷\times ۱۰^{۹}}\approx ۷۲۴\,Hz$$

با توجه به تصویر هنگامی که تنظیم‌گر پتانسیل (Trim- Pot)[1] و مقاومت NTC، به مدار افزوده می‌شوند، فرکانس نوسان‌ساز، افزایش می‌یابد. هنگامی که تنظیم‌گر پتانسیل روی حداقل مقاومت تنظیم می‌شود، نوسان‌ساز، باز می‌ایستد. در دمای دلخواهی که تعیین می‌گردد، میزان مقاومت تنظیم‌گر پتانسیل، باید افزایش یابد تا نوسان‌ساز مجدداً شروع به کار کند. به طور مثال چنان‌چه این تنظیمات روی ۲°C تعیین گردد، نوسان‌ساز در دماهای بالاتر خاموش می‌ماند چرا که میزان مقاومت در مقاومت‌های NTC زیر میزان حداقل است. وقتی دما افت می‌کند و مجدداً به ۲°C می‌رسد، نوسان‌ساز مجدداً شروع به کار خواهد کرد.

اگر یک مقاومت NTC در کف اتومبیل کار گذاشته شود، می‌تواند راننده را از وجود یخ روی جاده، آگاه سازد. طبیعتاً مقاومت و سیم‌های متصل کننده‌ی آن، باید از آلودگی و آب بدور باشند. چنان‌چه به جای مقاومت NTC، یک مقاومت PTC به کار رود، نوسان‌ساز می‌تواند با بالا رفتن میزان فشار و عبور از حد مجاز، به کار بیافتد. برای مثال مقاومت PTC می‌تواند جهت بالا رفتن میزان فشار و عبور آن از حد مجاز، به کار بیافتد. برای مثال مقاومت PTC می‌تواند جهت پایش وضعیت یخچال، مورد استفاده قرار گیرد: نوسان‌ساز را توسط TP متغیر، بر روی دماهای بالاتر از C° ۶ تنظیم می‌کنیم و مدار، چنان‌چه عملکرد یخچال با مشکلی مواجه شود، سیگنال ارسال خواهد کرد.

به جای NTC، می‌توانیم از یک مقاومت LDR استفاده کنیم. نوسان‌ساز در حضور میزان خاصی از نور، خاموش خواهد بود. بدینوسیله می‌توان برای اتاق‌هایی که وجود روشنایی دائمی در آن‌ها الزامی است، یک زنگ خطر ساده ساخت. LDR را می‌توان همراه با یک مقاومت R به صورت توأمان استفاده کرد. در این صورت نوسان‌ساز تنها هنگامی کار می‌کند که میزان خاصی از نور وجود داشته باشد. این وسیله می‌تواند به عنوان زنگ خطری جالب برای ماهی‌گیران یا شکارچیانی قرار گیرد که باید در هوای گرگ و میش صبح از خواب برخیزند! البته عملکرد صحیح دستگاه به صاف بودن هوا نیز وابسته است. برای زمان تعیین شده در صبح زود و میزان نور آن، نوسان‌ساز باید در مرز آستانه عملکرد خود تنظیم شود. در طول شب، نوسان‌ساز خاموش است چرا که هیچ نوری نیست و میزان مقاومت LDR بسیار بالاست؛ زمانی که میزان نور در صبح، افزایش می‌یابد، میزان مقاومت LDR، افت می‌کند و نوسان‌ساز در حضور میزان تعیین شده‌ی نور، به کار می‌افتد. تنظیم‌گر پتانسیل در شکل ۳-۵b، برای تنظیمات دقیق به کار می‌رود، بنابراین TP در مدار ۳-۵b می‌تواند در تنظیم نوسان‌ساز

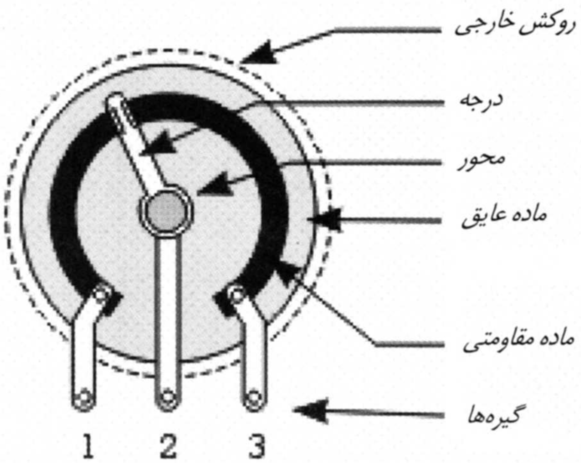
---

۱- Trim Pot خود تنظیم‌گر = Trim پتانسیل= Pot [مترجم]

تحت شرایط مختلف (دماها یا میزان‌های نور بالاتر یا پایین‌تر از میزانی خاص) به کار گرفته شود.

## پتانسیل‌سنج‌ها

پتانسیل‌سنج‌ها (به طور اختصاری *Pots*) مقاومت‌های متغیری هستند که به عنوان تنظیم کننده‌های ولتاژ یا میزان جریان در مدارهای الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از نظر ساختاری می‌توان آن‌ها را به دو دسته تقسیم کرد: روکش‌دار و سیم‌پیچ شده. در پتانسیل‌سنج‌های روکش‌دار، (تصویر ۳-۶a)، روکش عایق با ماده‌ای که خاصیت مقاومتی دارد، پوشیده شده است. یک درجه‌ی رسانا وجود دارد که به موازات لایه مقاومتی، حرکت می‌کند و با این حرکت، مقاومت بین درجه‌ی لغزنده و انتهای محفظه، از یک سر افزایش و از یک سر، کاهش می‌یابد.



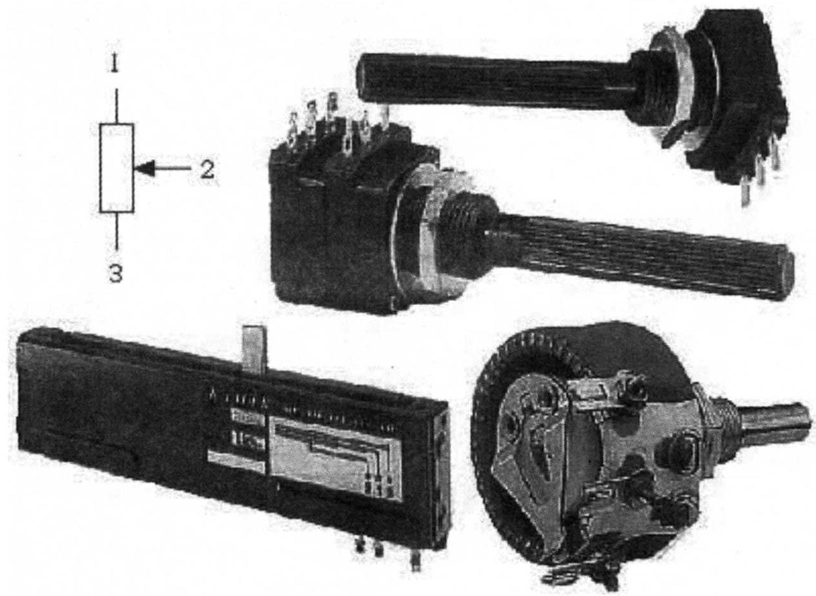

**تصویر ۳-۶a :** *پتانسیل‌سنج روکش‌دار*

پتانسیل‌سنج‌های سیم‌پیچ، از سیم‌پیچ رسانایی تشکیل شده‌اند که به دور محفظه عایق، پیچ خورده است. پتانسیل‌سنج‌های روکش‌دار، بیش‌تر رایج‌اند. مقاومت با توجه به زاویه و موقعیت درجه‌ی لغزنده، می‌تواند خطی و یا لگاریتمی معکوس باشد. اکثر آن‌ها پتانسیل‌سنج‌های خطی و لگاریتمی هستند؛ بیش‌تر موارد استفاده، گیرنده‌های رادیویی، آمپلی‌فایرهای صوتی و غیره‌اند که در آن‌ها از پتانسیل‌سنج برای تنظیم حجم صدا، تون صدا، بالانس و... استفاده می‌شود.

## پتانسیل‌سنج‌های سیم‌پیچ شده

در وسیله‌هایی استفاده می‌شوند که نیاز به دقت و ظرافت مضاعفی در کنترل دارند. میزان اتلاف انرژی در آن‌ها نسبت به نوع روکش‌دار، بالاتر است که به همین جهت در مدارهای با شدت جریان بالا، مورد استفاده قرار می‌گیرند. مقاومت‌های پتانسیل‌سنج، از سری R۶ هستند که مقادیر: ۱، ۲/۲ و ۴/۷ را شامل می‌شود.

مقادیر مجاز برای میزان تحمل شامل: ٪۳۰، ٪۲۰ و ٪۱۰ (٪۵ برای پتانسیل‌سنج‌های سیم‌پیچ شده) است. پتانسیل‌سنج‌ها، در اشکال و اندازه‌های مختلفی وجود دارند که میزان وات آن‌ها از ۱/۴W (پتانسیل‌سنج‌های روکش‌دار مورد استفاده در کنترل صدا در آمپلی‌فایر و...) تا چند ده وات (جهت تنظیم شدت جریان‌های بالا) متغیر است. چند پتانسیل‌سنج مختلف در کنار نماد پتانسیل‌سنج در شکل (3-6b) قابل مشاهده است.

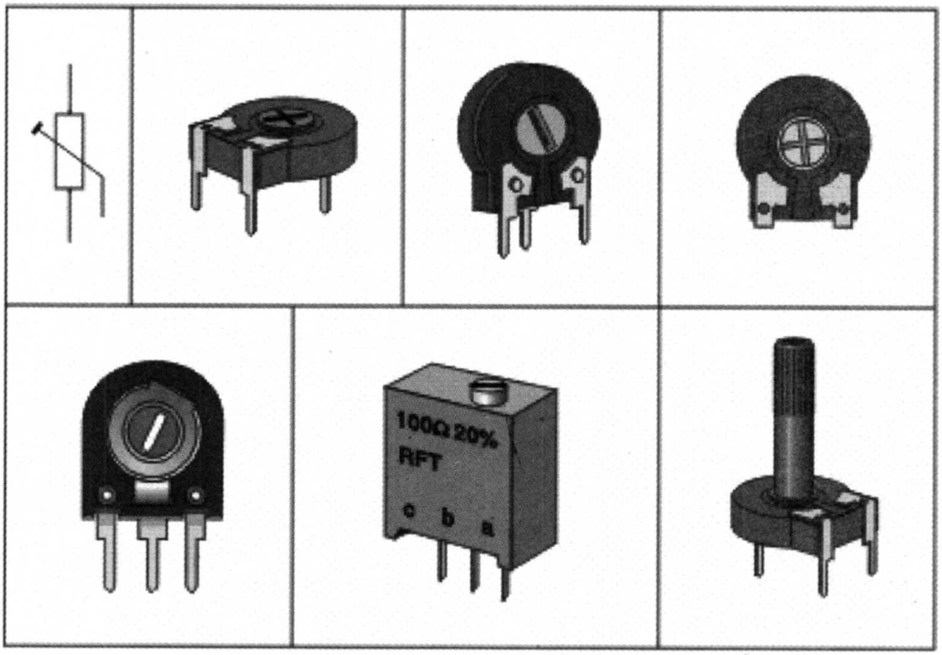



**تصویر 3-6b .** *پتانسیل‌سنج‌ها*

مدل بالا یک پتانسیل‌سنج استریو (stereo) را به نمایش می‌گذارد. مدل وسط در واقع دو پتانسیل‌سنج با یک روکش است که درجه‌های چرخنده آن‌ها یک محور مشترک دارند بنابراین همزمان حرکت می‌کنند. این نوع خاص، در آمپلی‌فایرهای توأم، جهت تنظیم خروجی راست و چپ به صورت همزمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل سمت چپ پایین، اصطلاحاً پتانسیل‌سنج درجه‌ای (Slider) نامیده می‌شود. مدل سمت راست پایین، یک پتانسیل‌سنج سیم‌پیچ شده با میزان وات (۲۰W) به عنوان رئوستات[1] (Rheostat) (تنظیم‌گر جریان حین شارژ باتری) استفاده می‌شود.

در مدارهایی که به میزان‌های خیلی خاصی از ولتاژ یا جریان نیاز دارند، پتانسیل‌سنج‌های متغیر (Trim-Pots) استفاده می‌شوند. این گونه از پتانسیل‌سنج‌های کوچک، درجه‌هایی دارند که توسط پیچ قابل تنظیم است. این نوع همچنین اشکال و اندازه‌های گوناگونی دارند که وات آن‌ها از ۰/۱W تا ۰/۵W متغیر است. تصویر ۳-۷ تعدادی از انواع پتانسیل‌سنج‌های متغیر را در کنار نماد آن‌ها نشان می‌دهد.

۱- *Rheostat: جعبه تنظیم جریان‌های متغیر.*




**تصویر ۷-۳:** *پتانسیل‌سنج‌های متغیر (Trim Pots)*

تنظیم مقاومت توسط یک پیچ صورت می‌گیرد؛ به غیر از مدل پایین سمت راست که می‌تواند توسط یک دسته‌ی پلاستیکی تنظیم شود. در مدل پایین- وسط، می‌توان میزان مقاومت را با دقت بالایی تنظیم کرد. درجه لغزنده آن توسط یک پیچ گوشتی، حرکت می‌کند. بنابراین می‌توان درجه را °۳۶۰ تغییر داد تا از یک سمت رسانا به سمت دیگر برود.(۱)

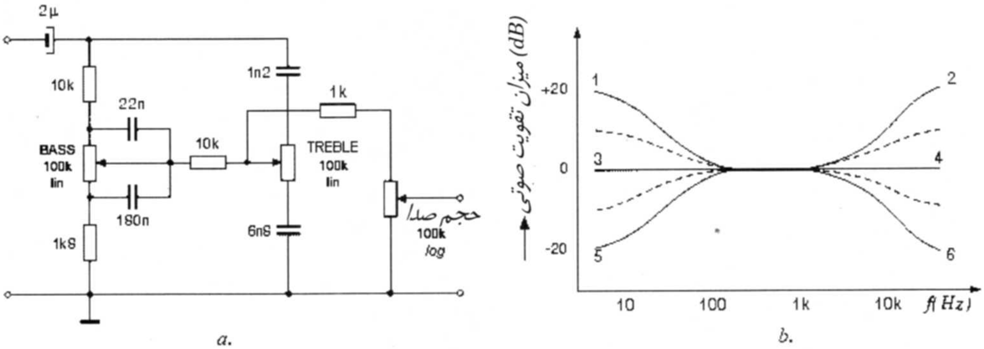
## مثال‌های عملی با پتانسیل‌سنج‌ها

همان طور که پیش از این نیز بدان اشاره کردیم، پتانسیل‌سنج‌ها بیش‌تر در آمپلی‌فایرها، گیرنده‌های رادیو تلویزیونی، ضبط صوت و وسایلی از این دست به کار می‌روند که کاربردشان جهت تنظیم میزان صدا، تون، بالانس و... است.

برای مثال به بررسی مدار معمول استفاده شده جهت تنظیم تون صدا در آمپلی‌فایر، می‌پردازیم. این مواد دارای دو پتانسیل‌سنج است که در تصویر a۸-۳ مشاهده می‌شود.

---

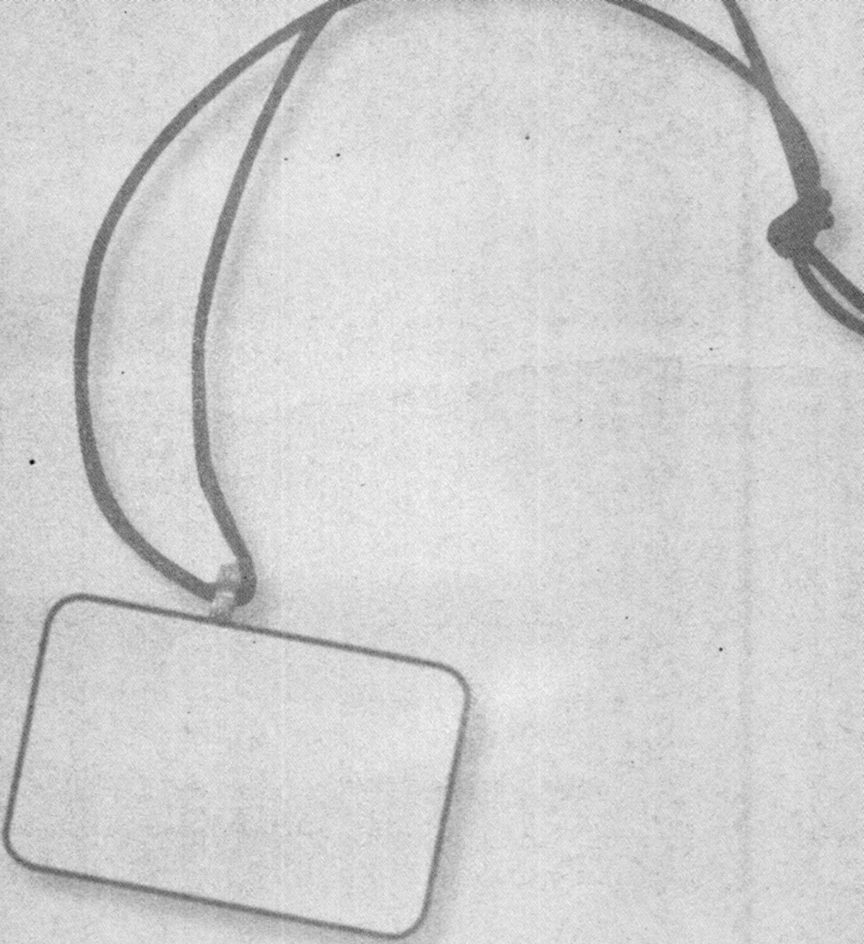
۱- *با نگاهی اجمالی به تصویر a-1,۶ می‌توان منظور جمله را به دقت دریافت.*

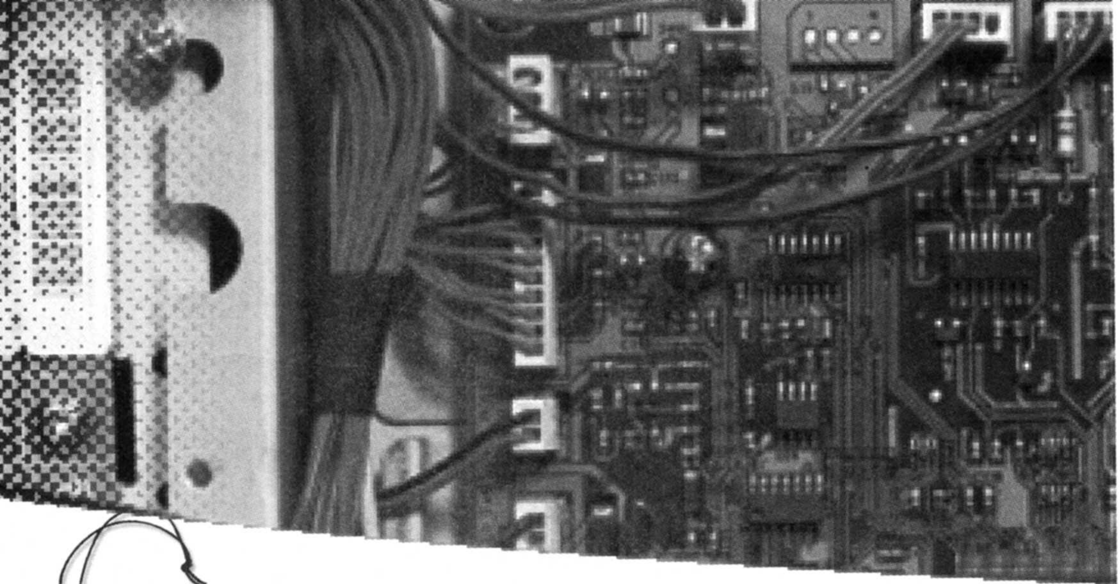



**تصویر ۸-۳:** *مدار تنظیم تون صدا: a- نقشه الکتریکی b- عملکرد تقویت صوت*

پتانسیل‌سنج مشخص شده با BASS، تقویت صوت کم فرکانس را تنظیم می‌کند. وقتی درجه‌ی لغزنده در پایین‌ترین محل خود قرار گیرد، تقویت سیگنال‌های با فرکانس بسیار کم (چند ده Hz) ده برابر خواهد بود (~kHz) و هنگامی که این درجه در بالاترین محل خود قرار گیرد، شدت سیگنال‌های با فرکانس پایین، حدود ده برابر ضعیف‌تر از سیگنال‌های متوسط خواهد بود. تقویت فرکانس‌های پایین در گوش دادن به موسیقی‌های ضرب‌دار (Disco، Jazz، R&B و...) کاربرد دارد و برعکس آن در گوش دادن به صدای حرف زدن یا موسیقی کلاسیک کاربرد دارد.

پتانسیل‌سنج مشخص شده با TREBLE تقویت صوت با فرکانس بالا را تنظیم می‌کند. تقویت سیگنال فرکانس بالا وقتی موسیقی صداهای زیر زیادی دارد مانند سنج کاربرد پیدا می‌کند. در حالی که کاهش سیگنال فرکانس بالا هنگام گوش دادن به یک نوار قدیمی کاربرد دارد تا بتوان میزان پارازیت پس زمینه را کاهش داد. دیاگرام ۳-۸b عملکرد تقویت صوت را متناسب با فرکانس سیگنال، نشان می‌دهد؛ چنان‌چه هر دو درجه‌ی لغزنده در بالاترین نقطه قرار گیرند، نتیجه حاصله با خمیدگی ۱-۲ نشان داده می‌شود. چنان‌چه هر دو در میانه باشند، نتیجه خط ۳-۴ می‌شود و چنان‌چه هر دو در پایین‌ترین نقطه قرارگیرند، نتیجه خمیدگی ۵-۶ خواهد بود. قرار دادن درجات در مکان‌های دیگر، خطوطی میان ۱-۲ و ۵-۶ را ایجاد خواهند کرد. پتانسیل سوم در دیاگرام، کنترل میزان صدا است.







# فصل چهارم

## خازن

### مقدمه

خازن‌ها از قطعات الکترونیکی معمول به شمار می‌روند. تفاوت اصلی میان خازن و مقاومت در آن است که میزان مقاومت یک خازن (مقاومت خازنی - Reactance) به فرکانس سـیگنال‌های عبوری وابسته است. نماد مقاومت خازنی $X_c$ است و از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

F نمـاد فرکانس (Hz) و C نماد ظرفیت خازن (Farads) اسـت. به طور مثـال، مقاومت خازنی در خازن مفروض ۵nF و فرکانس F=۱۲۵kHz برابر است با:

$$X_C = \frac{1}{2\cdot 3{,}14\cdot 1250000\cdot 5\cdot 10^{-9}} = 25{,}5\,\Omega\cdot$$

مقاومت خازن در جریان مستقیم، بینهایت خواهد بود، چرا که F=۰.

خازن‌ها به دلایل مختلفی در مدارها به کار گرفته می‌شـوند. خازن‌ها از جمله قطعات رایج مورد استفاده در فیلتر نوسان‌سـازها، منبع تغذیه، آمپلی‌فایر و... به شمار می‌روند. مشخصه اصلی هر خازن، ظرفیت خازنی آن اسـت؛ هرچه ظرفیت بیش‌تر باشـد، میزان برق ذخیره شـده در آن نیز بیش‌تر خواهد بود. ظرفیت با فاراد (F) سـنجیده می‌شـود. از آنجا که یک فاراد ظرفیت بسیار بالایی محسوب می‌شـود، معمولاً از میکروفاراد (µF)، نانوفاراد (nF) و پیکوفاراد (pF) استفاده می‌کنیم.

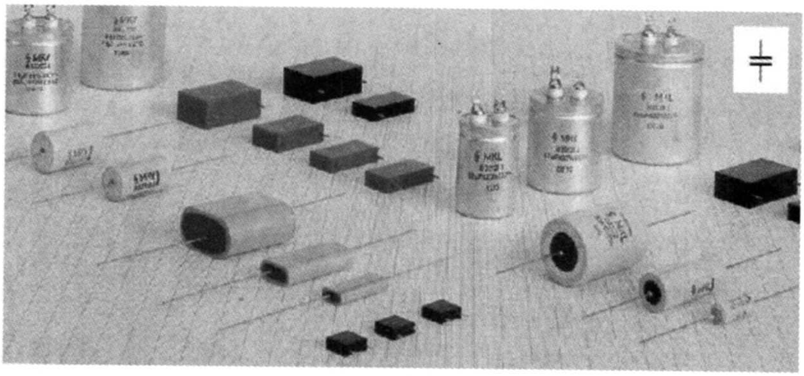
$1F=10^6\mu F=10^9nF=10^{12}pF$

**یادآوری:**

که طبق رابطه بالا، ۱۰۰۰nF=۱μF و ۱۰۰۰pF=۱nF.

توجه به یادآوری بالا مهم است چرا که مقادیر مشابه ممکن است به طور متفاوتی به نمایش درآیند؛ برای مثال: ۱۵۰۰μF همان ۱/۵nF و ۱۰۰nF همان ۰/۱μF خواهد بود.

شیوه نشانه‌گذاری در خازن‌ها نیز مشابه مقاومت‌هاست برای مثال ۱۲۰ روی خازن به معنای ظرفیت ۱۲۰pF است، هم چنین ۱n۲ به معنی ۱/۲nF، n۲۲ به معنی ۰/۲۲nF و ۰۱μ. یا (۰۱u.) به معنی ۰/۱μF خواهد بود.



**تصویر ۱-۴:** *خازن‌های ظرفیت ثابت*

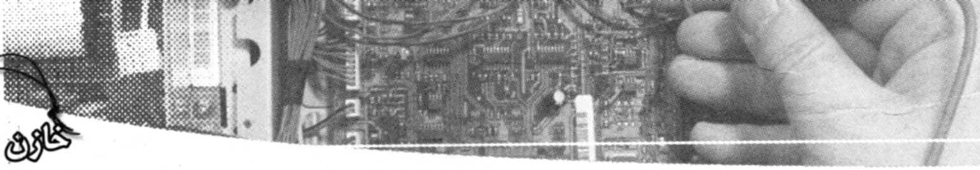
خازن‌ها، بسته به میزان ظرفیت، ولتاژ مورد استفاده، نوع عایق‌بندی، ضریب دمایی و فاکتورهای دیگر، اندازه‌ها و اشکال گوناگونی دارند. خازن‌ها را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: خازن‌های با ظرفیت متغیر و خازن‌های با ظرفیت ثابت که در فصول آینده به بررسی آن‌ها خواهیم پرداخت.

## خازن‌های ظرفیت ثابت (Block- Capacitors)

خازن‌های با ظرفیت ثابت (به اصطلاح Block) دارای دو صفحه فلزی نازک‌اند (معمولاً الکترود[1] یا گاهاً فویل[2]) خوانده می‌شوند. این دو لایه بوسیله یک لایه نازک عایق مانند پلاستیک از هم جدا می‌شوند. ماده‌ی رایج به کار رفته در صفحات، آلومینیوم است و ماده عایق می‌تواند کاغذ، سرامیک، میکا و... باشد که بر این اساس خازن‌ها را نام گذاری می‌کنند. تعدادی از انواع خازن‌های ظرفیت ثابت در تصویر زیر قابل مشاهده است، در سمت راست بالای تصویر می‌توانید نماد خازن را ببینید.

اکثر خازن‌ها (من جمله خازن‌های ظرفیت ثابت)، قطعاتی غیر قطبی‌اند بدین معنا که چگونگی قرار گرفتن

۱- *Electrodes رایج‌تر*
۲- *Foils غیر رایج*





دو سـر آن‌هـا در مدار تفاوتی ایجـاد نخواهد کرد. در این مورد خازن‌های الکترولیتی، اسـتثنا هسـتند، چرا که قطبیت آن‌ها هنگام قرارگیری در مدار مهم است. این موضوع در فصول آینده مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

## نشانه‌گذاری خازن‌های ظرفیت ثابت

ظرفیت خازن‌ها غالباً با چند عدد درج شـده روی آن‌ها مشـخص می‌شـود. در کنار این عدد، اعداد دیگری ذکر می‌شـود که می‌تواند نمایانگر حداکثر ولتاژ قابل اسـتفاده، یا گاهاً ضریب خطا، ضریب دمایی و غیره باشد. اما روی کوچکترین خازن‌ها (مثل خازن‌های Surface- mounted[1]) هیچ نشـانه‌ای نوشـته نمی‌شود و نباید قبل از لحظه نصب، آن‌ها را از نوار محافظ خارج کرد.

انـدازه‌ی خازن به هیـچ وجه نمی‌تواند نمایانگر میزان ظرفیت آن باشـد چرا که نـوع دی‌الکتریک و تعداد لایه‌ها یا صفحات درونی آن از شـرکتی تا شـرکت دیگر متفاوت اسـت. چنان‌چه مشـخصات خازن فرضی در دیاگرام یک مدار ۴n۷/۴۰v باشـد، بدین معناسـت که خازن ۴/۷۰۰pF و حداکثر ولتاژ قابل اسـتفاده برای آن، ۴۰V خواهد بود. هر خازن ۴n۷ دیگری که حداکثر ولتاژ آن بالاتر از ۴۰ باشد نیز قابل استفاده است، اما اندازه بزرگتر و قیمت گرانتری خواهد داشت.

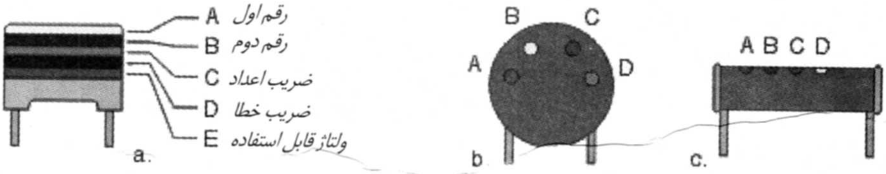
گاهـی اوقات خازن‌ها با رنگ‌های مختلف نشـانه‌گذاری می‌شـوند (مشـابه آن چـه در مقاومت‌ها توضیح دادیم). همان طور که در شـکل ۲/۲ می‌بینید، دو رنگ اول (نوارهای A و B)، نشـان‌دهنده‌ی دو عدد اول‌اند. نوار C ضریب جلوی اعداد، نوار D، ضریب خطا و نوار E، ولتاژ قابل استفاده برای خازن خواهد بود.

در خازن‌های سـرامیکی (شـکل ۴-۲b) و خازن‌های استوانه‌ای، ولتاژ قابل اسـتفاده اهمیتی ندارد چرا که مورد استفاده‌ی آن‌ها در مدارهای با ولتاژ DC[2] پایین است.

| رنگ | رقم | ضریب | ضریب خطا | ولتاژ |
|---|---|---|---|---|
| سیاه | ۰ | ×۱pF | ±۲۰٪ | - |
| قهوه‌ای | ۱ | ×۱۰pF | ±۱٪ | -- |
| قرمز | ۲ | ×۱۰۰pF | ±۲٪ | ۲۵۰V |
| نارنجی | ۳ | ×۱nF | ±۲/۵٪ | -- |
| زرد | ۴ | ×۱۰nF | -- | ۴۰۰V |
| سبز | ۵ | ×۱۰۰nF | ±۵٪ | -- |
| آبی | ۶ | ×۱μF | -- | -- |
| بنفش | ۷ | ×۱۰μF | -- | -- |
| خاکستری | ۸ | ×۱۰۰μF | -- | -- |
| سفید | ۹ | ×۱۰۰۰μF | ±۱۰٪ | -- |



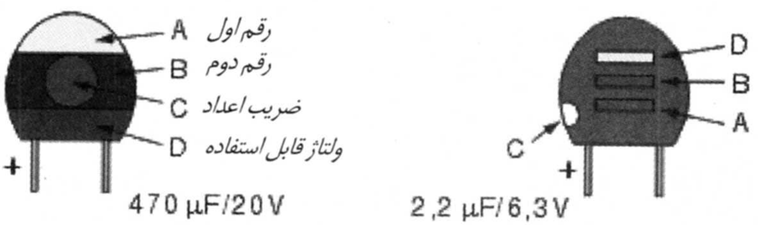
۱- خازن‌هایی که توسط پایه روی صفحات مدار آماده نصب می‌شوند. به طور کلی SMD (Surface- mounted device)
۲- DC=Direct Current؛ جریان مستقیم برق که در آن F=۰.




**تصویر ۲-۴ :** *نشانه‌گذاری خازن‌ها با استفاده از نماد رنگی*

تصویر ۳-۴ نشانه‌گذاری روی خازن تانتالیوم[1] کوچک الکترولیتی[2] بوسیله نمادهای رنگی را نشان می‌دهد. دو رنگ اول نمایانگر دو رقم اول، نوار سوم نمایانگر ضریب عددی (نسبت به $\mu F$) و نوار رنگی چهارم، حداکثر ولتاژ قابل استفاده است.

| رنگ | رقم | ضریب عددی | ولتاژ |
|---|---|---|---|
| سیاه | ۰ | $\times 1\mu F$ | ۱۰V |
| قهوه‌ای | ۱ | $\times 10\mu F$ | -- |
| قرمز | ۲ | $\times 100\mu F$ | -- |
| نارنجی | ۳ | -- | -- |
| زرد | ۴ | -- | ۶،۳V |
| سبز | ۵ | -- | ۱۶V |
| آبی | ۶ | -- | ۲۰V |
| بنفش | ۷ | -- | -- |
| طوسی | ۸ | $\times .01\mu F$ | ۲۵V |
| سفید | ۹ | $\times .1\mu F$ | ۳V |
| صورتی | -- | -- | ۳۵V |




**تصویر ۳-۴ :** *نشانه‌گذاری خازن‌های تانتالیوم الکترولیتی*

۱- Tantalum Capacitors: نوعی خازن که در صفحات آن به جای آلومینیوم رایج، از فلز تانتالیوم استفاده می‌شود، زیاد بودن ثابت دی‌الکتریک اکسید تانتالیوم نسبت به آلومینیوم، از مزایای آن است [مترجم].

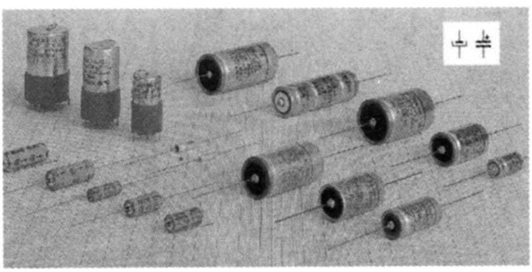
۲- Electrolytic Capacitors: خازنی که از مایع رسانای یونیزه شده در آن استفاده می‌شود تا جریان را بهتر ذخیره کند. [مترجم].

***نکته‌ای در مورد ولتاژ مناسب :*** ولتاژ ورودی به خازن نباید از حد ولتاژ مناسب تجاوز کند، در غیر این صورت خازن از بین می‌رود. در شرایطی که میزان ولتاژ نامعلوم است، بدترین حالت (بالاترین ولتاژ احتمالی) باید در نظر گرفته شود. احتمال آن وجود دارد که بدلیل عدم عملکرد صحیح دیگر اجزای مدار، ولتاژ ورودی به خازن، با ولتاژ منبع تغذیه برابر شود؛ بنابراین به طور مثال چنان‌چه ولتاژ باتری ۱۲V باشد، احتیاطاً باید حداکثر ولتاژ خازن، بیش از ۱۲V انتخاب شود.

## خازن‌های الکترولیتی

خازن‌های الکترولیتی نوعی خاص از خازن‌ها هستند که میزان ظرفیت آن‌ها ثابت است. ساختار آن‌ها باعث می‌شود تا بتوانیم خازن‌هایی با ظرفیت ۱ تا چند هزار μF را داشته باشیم. هدف استفاده از آن‌ها بیش‌تر در فیلتر کردن است؛ گرچه مصارف دیگری نیز دارند. خازن‌های الکترولیتی، قطبیت دارند بدین معنی که خروجی‌های مثبت و منفی دارند که در اتصال آن‌ها به مدار باید این امر حتماً مورد توجه واقع شود. خار مثبت یا خروجی مثبت باید حتماً نسبت به سر منفی، به قسمتی از مدار که ولتاژ مثبت‌تری دارد متصل گردد. چنان‌چه دو سر خازن جابه‌جا وصل شود، عایق درون خازن ذوب شده و خازن از کار می‌افتد.

چنان‌چه خازن به ولتاژی بیش از حد مجاز آن وصل شود احتمال انفجار نیز وجود دارد. برای جلوگیری از وقوع این جریان، هر سر خازن به وضوح با + و − مشخص شده و حداکثر ولتاژ نیز روی آن ذکر می‌شود. چندین مدل از خازن‌های الکترولیتی و نماد آن‌ها در شکل زیر قابل مشاهده است.



**تصویر ۴-۴ :** *خازن‌های الکترولیتی*

خازن‌های تانتالیوم گونه‌ای از خازن‌های الکترولیتی هستند. میزان مقاومت القایی[1] مزاحم در آن‌ها بسیار کم‌تر از خازن‌های آلومینیومی الکترولیتی است، بنابراین خازن‌های تانتالیوم حتی با حجم یک دهم خازن‌های معمولی آلومینیوم ممکن است عملاً عملکرد یکسان داشته باشند.

## خازن‌های با ظرفیت متغیر

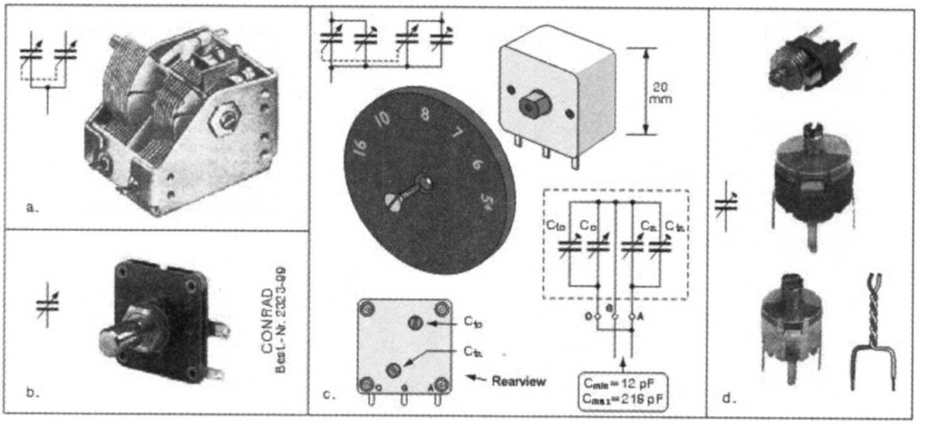
ظرفیت خازنی در این گونه خازن‌ها، قابل تغییر است. حداقل ظرفیت در آن‌ها 1p و حداکثر ظرفیت

۱- Inductance

فصل چهارم

می‌تواند تا چند صد pF (۵۰۰pF Max) متغیر باشـد. خازن‌های ظرفیـت متغیر در ابعاد و اندازه‌های گوناگونی ساخته می‌شـوند امّا وجه مشترک آن‌ها تعدادی صفحه ثابت (به نام Stator) و تعدادی صفحه متحرک است. صفحات کنار هم چفت شده‌اند و از طریق چرخاندن میله مربوطه می‌توان صفحات را از شبکه خارج یا به شبکه وارد کرد. نام خازن بسـته به نوع عایق (دی‌الکتریک[۱]) میان صفحات که ممکن اسـت هوا یا صفحه نازکی از پلاستیک باشد، متغیر است. وقتی این خازن‌ها تنظیم می‌شوند توجه به این مسئله که صفحات نباید با هم در تماس قرار گیرند، امری ضروری است.

در تصویـر زیـر، نمونه‌هایی از خازن‌های بـا دی‌الکتریک هوا و خازن‌های عایق میـلار (4-5a) با ظرفیت متغیر را مشاهده می‌کنید.




**تصویر ۵-۴:** *a، b، c، خازن‌های ظرفیت متغیر[۲]. d، خازن‌های خود تنظیم شونده (نیمه متغیر[۳])*

تصویـر اول یـک خازن مجتمـع (ganged capacitor) را نشـان می‌دهد که در آن دو خـازن، هم زمان می‌چرخند، این نوع خازن در گیرنده‌های رادیویی اسـتفاده می‌شـود. نوع بزرگتر در مدارهای تنظیم کننده[۴] و انواع کوچکتر در نوسان‌سازها[۵] استفاده می‌شوند. نماد این خازن‌ها را می‌توانید در تصویر مشاهده کنید.

در کنـار خازن‌های متغیر با دی‌الکتریک هوا، خازن‌های با عایق سـخت (جامـد) نیز وجود دارند. این ماده جامد می‌تواند Mylar[۶] باشـد که بین بخش ثابت و چرخان قرار داده می‌شـود. این خازن‌ها نسـبت به آسـیب مکانیکی مقاوم‌تر هستند. می‌توانید نمونه‌های آن را در شکل 4-5b مشاهده کنید.

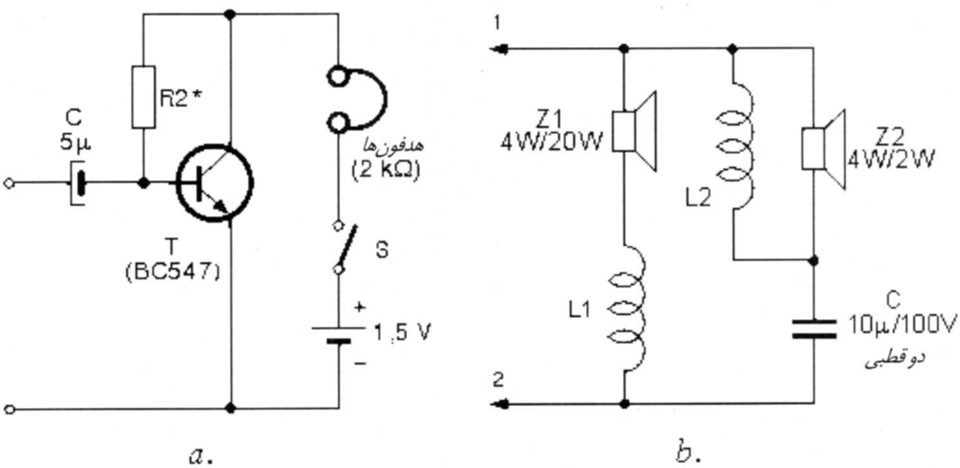
---

۱- *Dielectric*
۲- *Variable*
۳- *Trimmer*
۴- *Tuning*
۵- *Oscillator*
۶- *Mylar: نام تجاری محصول Dupont Tejjin Films است. نوعی پلاستیک ساخته شده با زرین Polyethylene(PET) Terephtalate [مترجم].*

بیش‌تر دســتگاه‌هایی که خازن متغیر در آن‌ها به کار برده می‌شود، رادیوها هستند که بوسیله این خازن‌ها، فرکانس را تنظیم می‌کنند. خازن‌های تنظیم شــونده یا نیمه متغیر، خازن‌های ریزی هســتند که ظرفیتشــان از چند pF تا چند ده pF متغیر اســت. موارد اســتفاده این خازن‌ها کوک کردن دقیق گیرنده‌های رادیویی، انتقال دهنده‌های رادیویی، نوسان‌ســازها و غیره اســت. سه نوع از خازن‌های نیمه متغیر، در تصویر ۴-۵d، به نمایش درآمده‌اند.

## مثال‌های عملی با خازن‌ها

تعدادی از مثال‌های عملی اســتفاده از خازن‌ها در تصویر ۶-۴ بــه نمایش درآمده‌اند. یک خازن الکترولیتی ۵µF برای انســداد جریان DC مورد استفاده قرار گرفته است. این خازن اجازه‌ی عبور سیگنال از یک پایه مدار بــه پایه بعدی را می‌دهد اما از عبور جریــان DC از یک پایه به پایه بعدی جلوگیری می‌کند. این امر بدین دلیل است که مقاومت، برای سیگنال در حکم یک مقاومت بسیار ضعیف و برای جریان DC به عنوان یک مقاومت بسیار قوی عمل می‌کند.

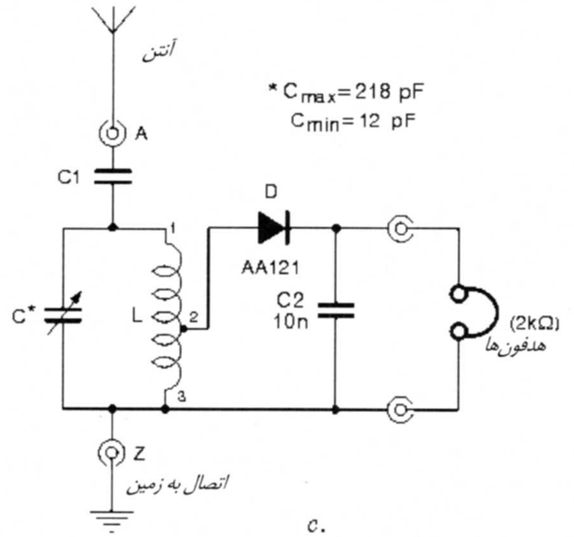



**تصویر ۶-۴ :** *a. آمپلی‌فایر با هدفون. b. تغییر باند الکترونیکی*

تصویر ۶b-۴، دیاگرام یک تغییر دهنده باند را نشان می‌دهد. Z۱ جهت تولید فرکانس‌های ضعیف و متوسط و Z۲ جهــت تولید فرکانس‌های قوی اســت. Z۱ و Z۲ هر دو به خروجی تقویت‌کننده‌ی صدا، متصل شــده‌اند. ســیم‌پیچ‌های L۱ و L۲ و خازن C، ورود فرکانس‌های متوســط و ضعیف به Z۱ و فرکانس‌های قوی به Z۲ را مطمئن می‌ســازند. و اما چگونه این سیستم درســت کار می‌کند؟! در مورد جریان با فرکانس بالا، این فرکانس می‌تواند به ســمت Z۱، L۱ هدایت شــود یا این که به ســمت Z۲ و C برود. بدین دلیل که میزان فرکانس مزبور بالاست، امپدانس (مقاومت) سیم‌پیچ‌ها بالا می‌رود. در حالی که مقاومت القایی خازن[1] پایین است. پر واضح

۱- Reactance

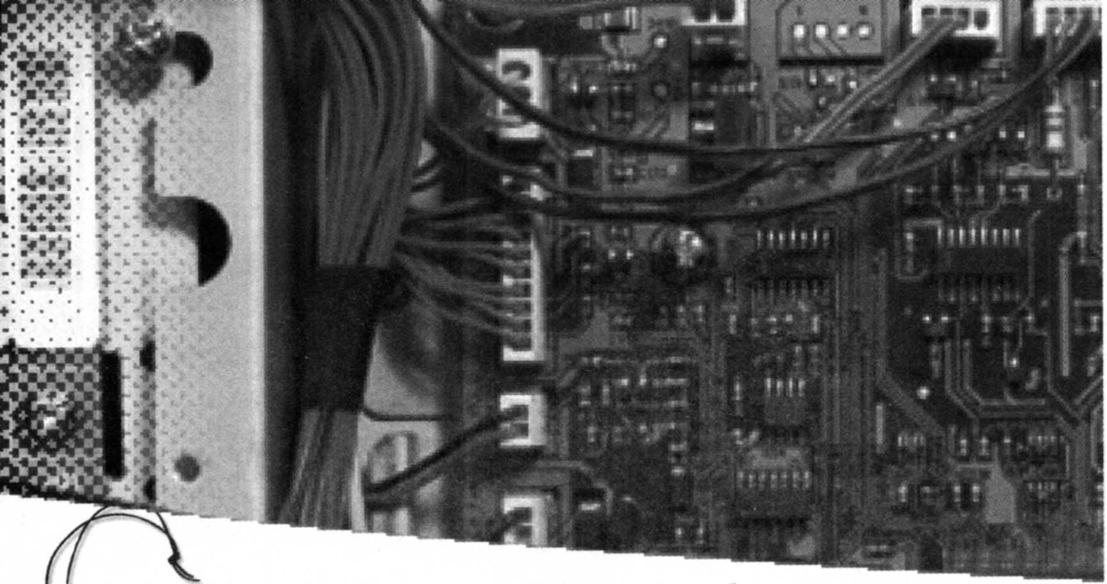
است که در این مورد جریان از سمت Z۲ عبور خواهد کرد. در حالت عبور سیگنال با فرکانس پایین، جریان از درون Z۱ عبور خواهد کرد و عملکرد مشابهی رخ خواهد داد چرا که مقاومت القائی خازن بالا بود و امپدانس سیم‌پیچ پایین است.




**تصویر ۷-۴ :** *c.، گیرنده رادیویی کاشف*[1]

تصویر ۷-۴، دیاگرام مدار یک گیرنده رادیوی کاشف ساده (معمولاً به نام Crystal set) را نشان می‌دهد که در آن خازن متغیر C، (جهت تنظیم فرکانس) توسط سیم‌پیچ L، یک مدار نوسان‌ساز می‌سازد. چرخاندن پیچ مقاومت، شدت فرکانس را در مدار تغییر می‌دهد و هنگامی که روی یک فرکانس رادیویی خاص منطبق گردد، صدای ایستگاه رادیویی می‌تواند شنیده شود.

۱- Detector





# فصل پنجم

## سیم‌پیچ‌ها و مبدل‌ها

### مقدمه

سیم‌پیچ‌ها، قطعات رایجی در الکترونیک به شمار نمی‌روند، ممکن است در نوسان‌سازها، گیرنده‌های رادیویی، فرستنده‌ها یا دستگاه‌های مشابه، که در آن‌ها مدارهای نوسان‌ساز به کار رفته، سیم‌پیچ را بتوان یافت. در دستگاه‌های ابتدائی، سیم‌پیچ ممکن است از تاباندن یک یا تعداد بیشتری، لایه‌ی سیم مسی عایق‌بندی شده بر روی یک پایه از جنس PVC، مقوا و... ایجاد شود. نمونه‌های آماده، در اندازه و اشکال متنوعی تولید می‌شوند، ولی نقطه اشتراک آن‌ها عایق‌بندی سیم و تابیده شدن سیم مسی به دور پایه است.

مشخصه اصلی هر سیم‌پیچ، ظرفیت القای مغناطیسی[۱] آن است. واحد ظرفیت القای مغناطیسی، هنری (H) می‌باشد، اما بدلیل بزرگ بودن واحد هنری (۱H)، به کار بردن میلی‌هنری (mH) و میکروهنری (μH) معمول‌تر است. یادآوری:

$$۱H=۱۰۰۰mH=۱۰^{۶}μH$$

نماد القای مغناطیسی، $X_L$ بوده و از طریق رابطه زیر بدست می‌آید.

$$X_L=۲μFL$$

در فرمول بالا، چنان‌چه F برابر ۶۸۴Hz و L برابر ۰/۶mH باشد، امپدانس[۲] سیم‌پیچ برابر مقدار زیر خواهد بود:

$$X_L=۲×۳/۱۴×۶۸۴۰۰۰×۰/۶×۱۰^{-۳}=۲۵۷۷Ω$$

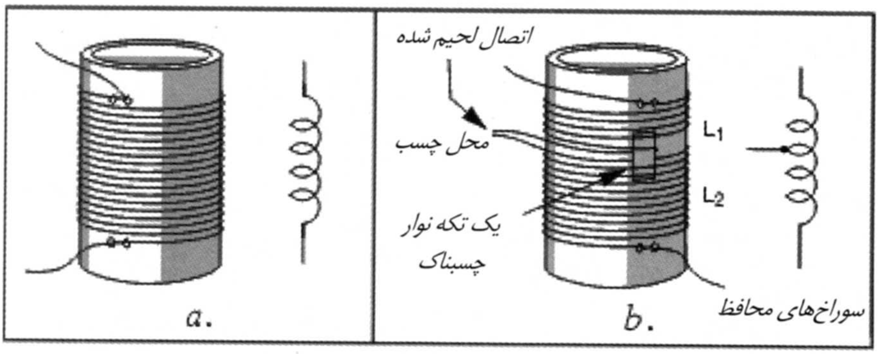
---

۱- *Inductance- در واقع همان ظرفیت ذخیره انرژی در یک میدان مغناطیسی است [مترجم].*

۲- *Impedance- همان میزان مخالف (مقاومت) مدار الکتریکی در برابر عبور جریان است [مترجم].*

در یک سـیم‌پیچ چنان‌چه فرکانس، سـه برابر گردد، امپدانس هم سـه برابر خواهد شد. طبق فرمول بالا، امپدانس سـیم‌پیچ و فرکانس، رابطه مسـتقیم دارند، بنابراین از سیم‌پیچ‌ها نیز همانند خازن‌ها می‌توان در فیلتر کردن فرکانس‌های خاص در مدار اسـتفاده کرد. به این نکته توجـه کنید که در جریان DC[1]، (F=۰)فرکانس صفر است.

تعـدادی از انـواع سـیم‌پیچ‌ها در تصاویـر ۵-۱، ۵-۲، ۵-۳ و ۵-۴ به نمایش درآمده اسـت. سـاده‌ترین نوع سـیم‌پیچ، سـیم‌پیچ تک لایه‌ای با هسـته تو خالی اسـت. این نوع سیم‌پیچ از یک عایق اسـتوانه‌ای (از جنس PVC، مقوا و...) ساخته می‌شود (تصویر ۵-۱). در تصویر شماتیک ۵-۱a، بین سیم‌ها فاصله وجود دارد ولی در عمل در سیم‌پیچ‌های حقیقی سیم‌ها بدون فاصله بدور پایه پیچ می‌خورند. جهت جلوگیری از باز شدن سیم‌پیچ، دو سر سیم‌ها را مطابق شکل، از دو سوراخ عبور می‌دهند.




**تصویر ۵-۱:** *سیم‌پیچ تک لایه*

تصویر ۵-۱b، شـیوه سـاخت یک سـیم‌پیچ را بـه نمایش می‌گذارد. بـه طور مثال مطابق شـکل چنان‌چه سـیم‌پیچ موردنظر ۱۲۰ پیچ و یک چسـب کاری[2] در پیچ سیزدهم، نیاز داشته باشد، دو سیم‌پیچ L1 با ۳۰ دور و L2 با ۹۰ دور خواهیم داشـت. وقتی انتهای L1 و ابتدای L2 را به هم لحیم کردیم چسـب را در محل مناسب قرار می‌دهیم.

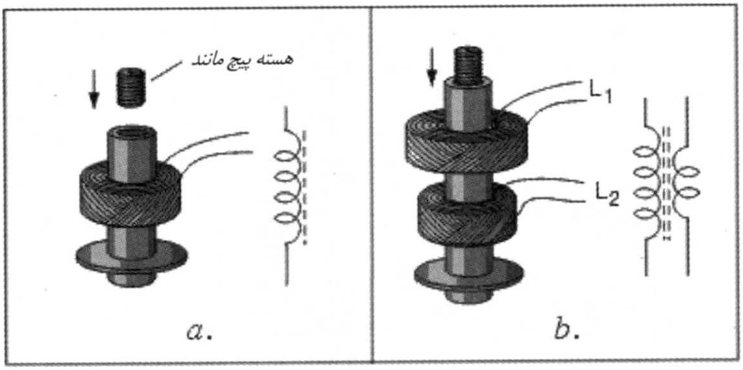
در تصویر ۵-۲a، یک سـیم‌پیچ چند لایه را می‌بینند. سـر قالب پلاستیکی به صورت محل یک پیچ طراحی شده است که هسته فرومغناطیس سیم‌پیچ به صورت یک پیچ ساده‌ی قابل تنظیم به آن وارد می‌شود. پیچاندن هسته باعث فرو رفتن آن در جهت محور سیم‌پیچ شده و در نتیجه القای مغناطیسی (Inductance) به میزان دلخواه افزایش خواهد یافت.

---

۱- *Direct current= DC- جریانی که در آن میزان ولتاژ و شارش بار الکتریکی در طی زمان ثابت است [مترجم]*
*سوال! این فرکانس که در فصول مختلف در مورد آن بحث شد چیست؟! [مترجم]*
*پاسـخ: فرکانس ذکر شـده مربوط به تغییرات میزان ولتاژ در واحد زمان اسـت ولتاژ DC بیش‌تر مربوط به باتری، سـلول‌های خورشیدی و غیره است.*

۲- *Tapping- علت این تکنیک در پیچیدن سیم دور پایه سیم‌پیچ جلوگیری از ایجاد تعداد زیادی پیچ به طور هم زمان است که در واقع به حفظ ساختار سیم‌پیچ کمک می‌کند [مترجم].*

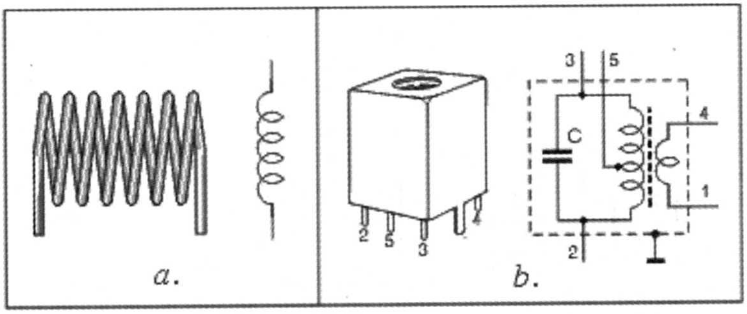





**تصویر ۲-۵:** *a. سیم‌پیچ چند لایه هسته‌دار b. سیم‌پیچ‌های دوگانه*

تصویر 5-2b، یک مبدل فرکانس بالا را نشـان می‌دهد. چنان‌چه در تصویر می‌بینید این دو سیم‌پیچ، یک بدنه مشـترک دارند؛ هنگامی که به مقادیر مشـخص و خاصی از اندوکتانس نیاز داشته باشیم، می‌توانیم هسته فرومغناطیس هر یک از سیم‌پیچ‌ها را به دقت تنظیم کنیم.

در فرکانس‌های بسیار بالا (بیش از ۵۰MHz) اندوکتانس سیم‌پیچ بسیار کم است، بنابراین سیم‌پیچ به چند دور سـیم بیشـتر نیاز ندارد. این سیم‌پیچ‌ها از سیم مسـی ضخیم (حدود ۰/۵mm) ساخته شده و هسته ندارند. اندوکتانس این سیم‌پیچ‌ها با کشیدن یا به هم فشردن دور سیم‌ها، تغییر می‌کند.

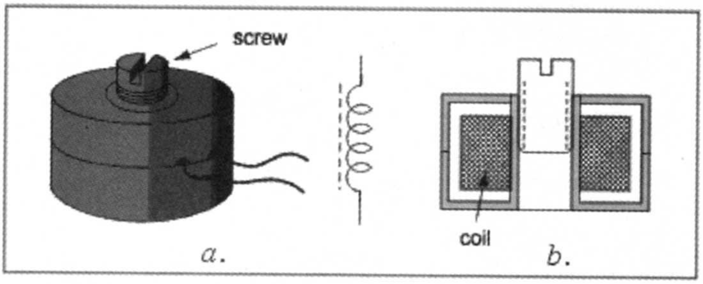



**تصویر ۳-۵:** *a: سیم‌پیچ فرکانس بالا - b: مبدل بین فرکانسی*

در تصویر 5-3b، یک محفظه فلزی حاوی دو سـیم‌پیچ و طرح شـماتیک آن (در سمت راست) را مشاهده می‌کنیـد. اتصـال مـوازی مقاومت C و سـیم‌پیچ اول، یک مدار نوسان‌سـاز را نشـان می‌دهد. سـیم‌پیچ دوّم، جهت انتقال سـیگنال به بخش بعدی مدار اسـتفاده می‌شـود. چنین چیزی می‌تواند در گیرنده‌های رادیویی یا دستگاه‌های مشابه، کاربرد داشته باشد. محافظ فلزی همانند یک آیینه محافظ عمل کرده و از اثر سیگنال‌های خارجی روی سیم‌پیچ‌ها جلوگیری می‌کند. برای عملکرد بهتر محافظ فلزی، باید آن را به زمین متصل کرد.

تصویر ۴-۵، یک القاگر توخالی (Pot core) را به نمایش می‌گذارد. هسـته آن از دو نیمه مجزا ساخته شده

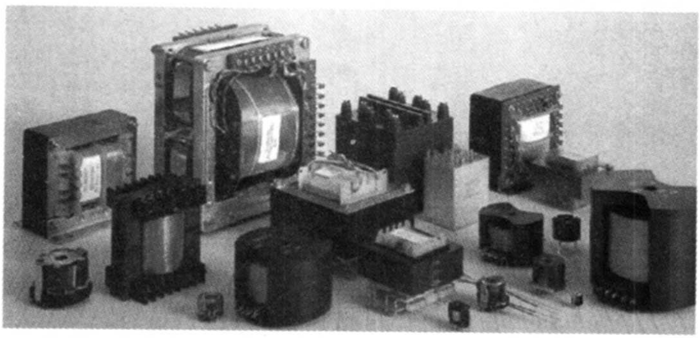
که به هم متصل شده‌اند. هسته معمولاً از ماده‌ای به نام (Ferrite[1]) ساخته شده است. این القاگرها برای فرکانس‌های بیش‌تر از ۱۰۰KHz، طراحی شده‌اند. تنظیم اندوکتانس بوسیله پیچاندن هسته‌ی فولادی یا برنجی وسط سیم‌پیچ، میسر می‌شود.




**تصویر ۴-۵:** *القاگر توخالی*

## مبدل‌ها

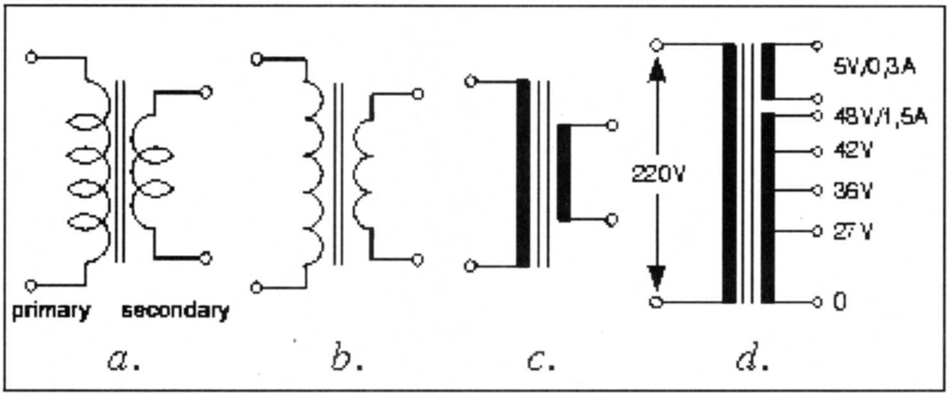
برای عملکرد مناسب دستگاه‌های الکترونیکی، وجود یک منبع تغذیه‌ی DC، ضروری به شمار می‌رود. البته باتری‌ها و سلول‌های قابل شارژ هم می‌توانند نقش آن را ایفا کنند، ولی مؤثرترین راه، استفاده از یک منبع تغذیه است. از اجزای اصلی منابع تغذیه، مبدل‌ها هستند تا فرضاً بتوان جریان ۲۲۰V را به ۱۲V تبدیل کرد. یک مبدل رایج، دارای یک سیم‌پیچ ابتدایی جهت اتصال به ولتاژ ۲۲۶V و یک یا چند سیم‌پیچ دیگر برای اتصال به دیگر ولتاژهای ضعیف‌تر است. بیش‌تر هسته‌ها از لایه‌های خارجی و درونی و برخی نیز از مواد فرومغناطیس ساخته شده‌اند. هم چنین مبدل‌های دارای هسته آهنی نیز وجود دارند. انواع مختلفی مبدل‌ها در تصویر زیر به نمایش درآمده است.



**تصویر ۵-۵:** *نمایش مبدل‌های مختلف*

۱- Ferrite= هیدروکسید آهن

نمادهای مورد استفاده برای مبدل، در تصویر ۶-۵ قابل مشاهده است. دو خط افقی نشان‌دهنده آن است که سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه، همگی هسته‌های مشترک دارند.

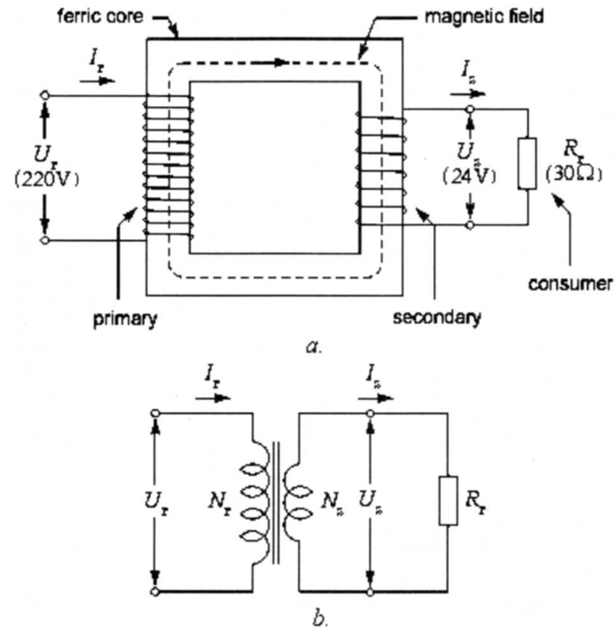



**تصویر ۶-۵:** *نمادهای مبدل‌ها*

سازندگان در مورد مبدل‌ها، از دیاگرام‌هایی استفاده می‌کنند که اطلاعاتی راجع به سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه، ولتاژها و حداکثر جریان را در بر دارند. چنان‌چه دیاگرامی در دست نباشد یک روش ساده برای تشخیص اولیه و ثانویه بودن هر سیم‌پیچ، وجود دارد: در سیم‌پیچ اولیه از سیم‌های نازک‌تر و تعداد دورهای بیش‌تر استفاده شده است، مقاومت بالاتری داشته و به راحتی بوسیله اهم متر، قابل آزمون است. تصویر ۵-۶d، نماد یک مبدل با دو سیم‌پیچ ثانویه‌ی مجزا را به نمایش می‌گذارد. یکی از آن‌ها سه محل چسب (Tapping) دارد که در کل دارای ۴ خروجی ولتاژ مختلف است. سیم‌پیچ ثانویه‌ی ۵V، از سیم نازک‌تر و حداکثر جریان ۰/۳A تشکیل شده، در حالی که سیم‌پیچ ثانویه‌ی دیگر، از سیم ضخیم‌تر با حداکثر جریان ۱/۵A تشکیل شده است. حداکثر ولتاژ روی سیم‌پیچ ثانویه بزرگتر، ۴۸V (مطابق تصویر) خواهد بود. توجه کنید که ولتاژهای بیش‌تری از آنچه در دیاگرام نوشته شده می‌تواند تولید شود؛ به طور مثال: ولتاژ بین اتصال‌های ۲۷V و ۳۶V برابر ۹V، ولتاژ بین اتصال‌های ۲۷V و ۱۵V، ۴۲V خواهد بود و به همین ترتیب...

## شیوه‌ی عملکرد مبدل‌ها و مشخصه‌های اصلی‌شان

همان‌گونه که توضیح داده شد، مبدل‌ها از دو سیم‌پیچ تشکیل شده‌اند، سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه (تصویر ۷-۵). وقتی ولتاژ $V_p$، به سیم‌پیچ اولیه (در این مثال به 220V اصلی) وصل می‌شود، جریان AC($I_p$) درون آن شارش می‌کند. این جریان، یک میدان مغناطیسی تولید می‌کند که توسط هسته‌ی مبدل، به سیم‌پیچ دوّم می‌رسد. این میدان، ولتاژ Vs (در مثال ما ۲۴V) را القا می‌کند. خروجی، به سیم‌پیچ ثانویه وصل شده است که در دیاگرام با نماد Rp (در مثال ما ۳۰Ω) نشان داده شده است. خروجی می‌تواند یک لامپ ۲۴V با توان مصرفی ۱۹/۲W باشد.




**تصویر ۷-۵ :** *a . شیوه عملکرد b . نمادها*

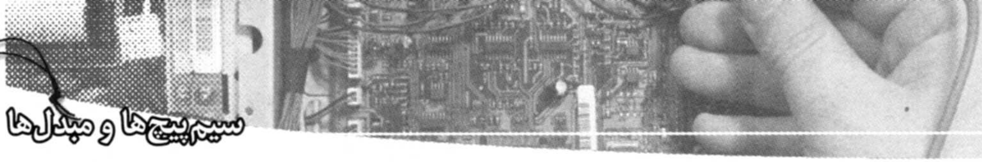
انتقال انرژی الکتریکی از سیم‌پیچ اول به سیم‌پیچ ثانویه، توسط میدان الکتریکی (به نام Flux) و یک مدار مغناطیسی با نام هسته‌ی مبدل صورت می‌پذیرد. جهت جلوگیری از اتلاف، باید از انتقال تمام میدان مغناطیسی تولید شده توسط سیم‌پیچ اول به سیم‌پیچ دوّم، اطمینان حاصل کرد. می‌توان به کمک یک هسته آهنی که مقاومت مغناطیسی آن بسیار کم‌تر از هوا است میزان اتلاف را به حداقل رساند.

ولتاژ وارد شده به سیم‌پیچ اولیه، همان ولتاژ اصلی است. مقدار آن می‌تواند 220V یا 110V باشد که از کشوری تا کشور دیگر متفاوت است. ولتاژ ثانویه معمولاً بسیار کوچکتر خواهد بود، به طور مثال: 6V، 9V، 15V، 24V و... اگرچه می‌تواند حتی بیش از 220V باشد که این امر به کاربرد مبدل بستگی دارد. رابطه‌ی بین ولتاژ اولیه و ثانویه از طریق فرمول زیر برقرار می‌شود:

$$\frac{Vs}{Vp} = \frac{Ns}{Np}$$

Ns و Np، به ترتیب نمایانگر تعداد پیچ‌ها در سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه است. برای مثال: چنان‌چه Ns=۸۰ و Np=۷۴۳ باشد، ولتاژ ثانویه برابر است با:

$$Vs = Vp \times \frac{Ns}{Np} = 220V \times \frac{80}{734} = 24V$$





رابطه میان جریان اولیه و ثانویه طبق فرمول زیر است:

$$\frac{IP}{IS}=\frac{Ns}{Np}$$

بـرای مثال چنان‌چه $P_p=30\Omega$، جریـان ثانویه برابر خواهد بود بـا $I_p=\frac{Vp}{Rp}$ ۳۰Ω/۲۴V= ۰/۸ A و چنان‌چه Ns=۸۰ و Np=۷۴۳، جریان اولیه برابر است با:

$$IP=IS\times\frac{Ns}{Np}=\frac{0}{8A}\times\frac{80}{734}=87mA$$

میزان وات مبدل، از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

***P= Vs × IS = Vp × Ip***

در مثال ما، توان برابر است با:

۲/۱۹W = ۰/۸A × ۲۴V = P= Vs × Is

هرآنچه تا به اینجا گفته شد در مورد یک مبدل ایده‌آل صادق است. طبیعتاً هیچ چیز مطلق نیست و اتلاف، امری ناگزیر اسـت. علت اتلاف آن اسـت که اولاً عبور جریان بدلیل وجود مقاومت در سـیم‌پیچ، حرارت ایجاد خواهد کرد و ثانیاً در مبدل الزاماً تمام میدان مغناطیسـی تولید شـده توسـط سـیم‌پیچ اولیه، به سیم‌پیچ ثانویه انتقال نمی‌یابد. به همین دلیل اسـت که میزان وات خروجی سـیم‌پیچ اولیه، به سیم‌پیچ ثانویه انتقال نمی‌یابد. به همین دلیل اسـت که میزان وات خروجی الزاماً کم‌تر از میزان وات ورودی اسـت و میزان نسبی آن‌ها، بازده خوانده می‌شود:

$$\eta=\frac{Ps}{Pp}$$

در مبدل‌هایـی کـه چند وات ورودی دارند، بازده حدوداً μ=۰/۸۵ اسـت بدین معنی کـه تنها ٪۸۵ از انرژی الکتریکی ورودی، به مصرف کننده داده می‌شود، در حالی که ٪۱۵ آن به دلایل ذکر شده، به صورت گرما هدر خواهـد رفـت. برای مثال چنان‌چه توان مورد نیـاز مصرف کننده برابر ۳۰W =Up×Ip باشـد، میزان توانی که مبدل باید از ورودی دریافت کند برابر خواهد بود با:

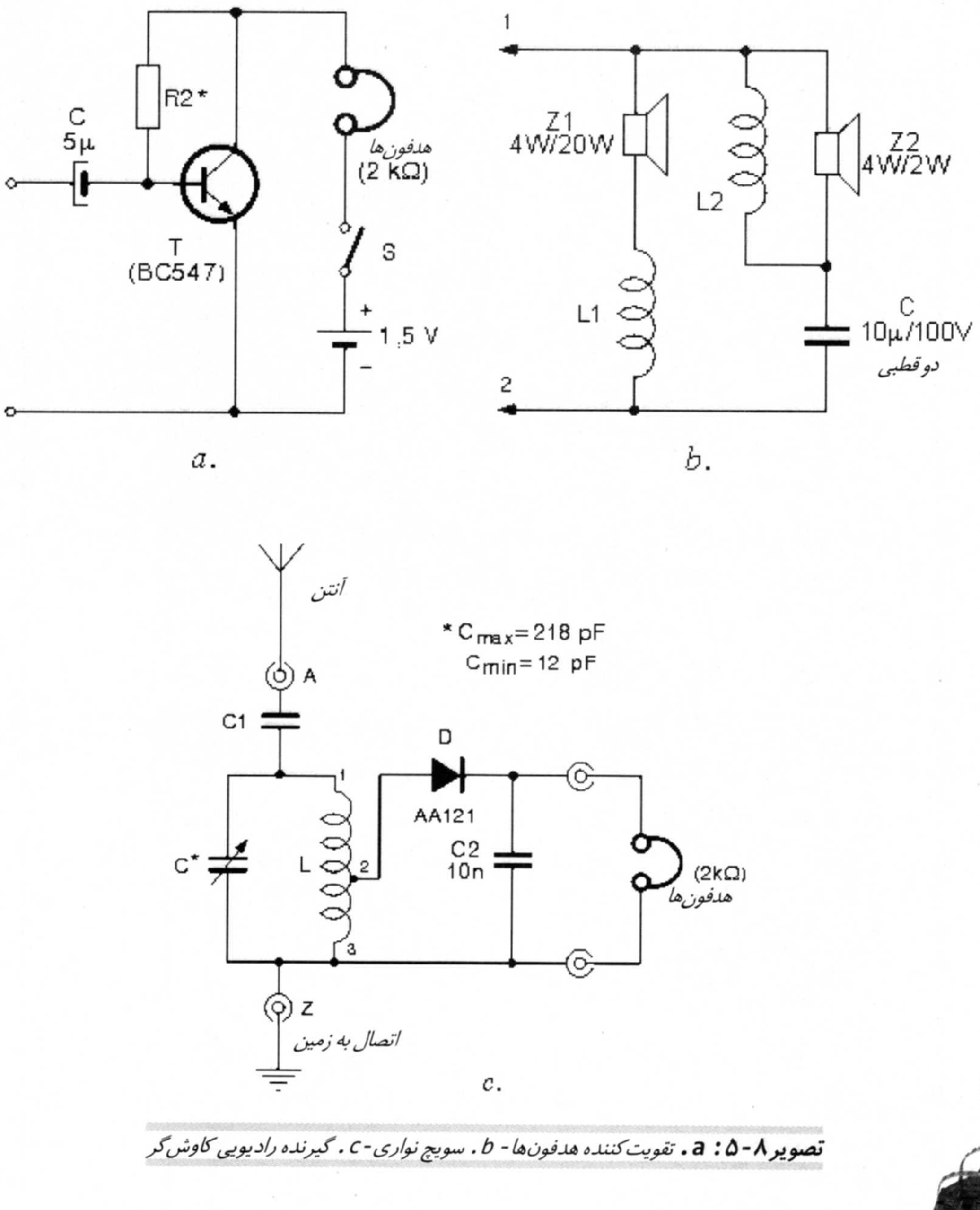
$$Pp=\frac{Ps}{\eta}=\frac{30W}{0/85}=35/3W$$



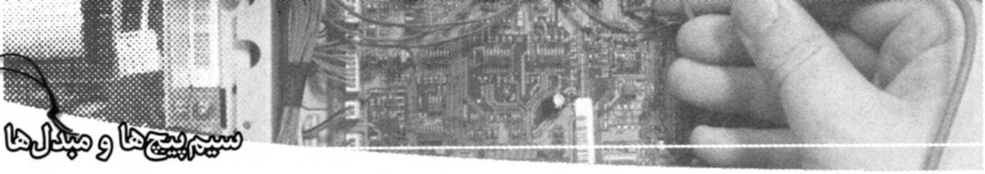
برای جلوگیری از سـردرگمی شـما تنها مبنی را بر این بگذارید که تولیدکنندگان تمام تنظیمات لازم را در جهـت به حداقل رسـاندن میزان اتـلاف، در مبدل‌ها به دقت انجام داده‌اند و به بالاترین بازده دسـت یافته‌اند. وقتی یک مبدل در دست دارید شما باید تنها نگران ولتاژ مورد نیاز و حداکثر شدت جریان ثانویه باشید.

## مثال‌های عملی با سیم‌پیچ‌ها و مبدل‌ها

در تصویر ۵-۸b، سیم‌پیچ‌ها در مسیر خازن‌ها، دو فیلتر برای هدایت جریان به سمت اسپیکرها، ایجاد می‌کنند. سیم‌پیچ و خازن C در تصویر ۵-۸C یک مدار موازی نوسان‌ساز، جهت تقویت یک سیگنال رادیویی خاص و سرکوب فرکانس‌های دیگر می‌سازد.

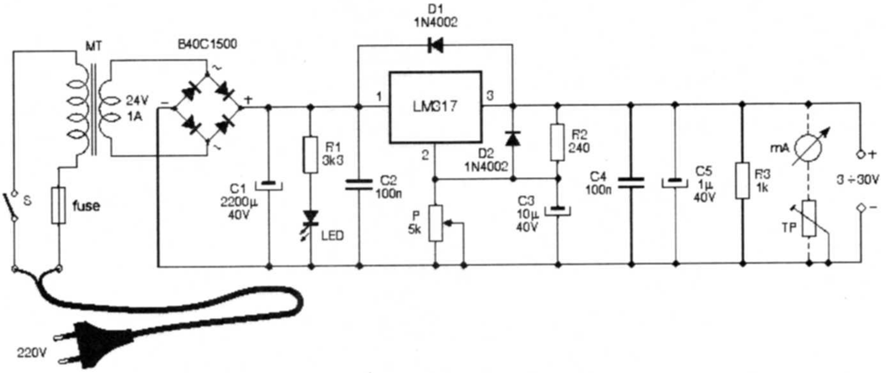



**تصویر ۸-۵ : a** . تقویت‌کننده هدفون‌ها - *b* . سویچ نواری - *c* . گیرنده رادیویی کاوش‌گر



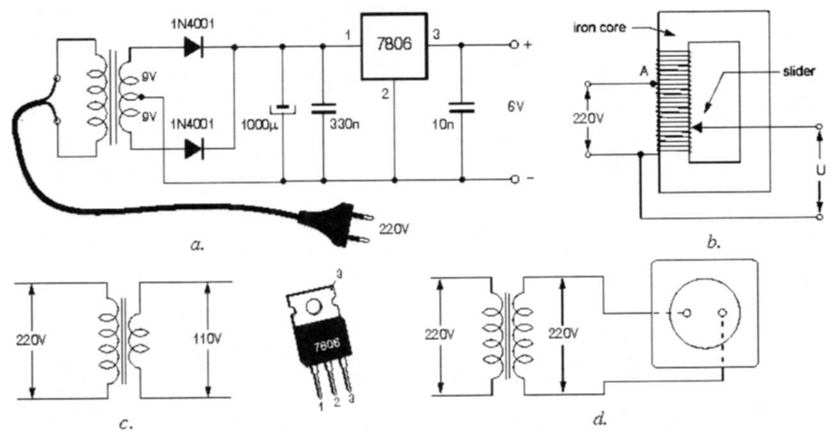


از بدیهی‌ترین ابزارهای جانبی مبدل، منبع تغذیه است. یک مبدل معمولی، در تصویر ۹-۵ به نمایش درآمده که مورد مصرف آن، تبدیل ۲۲۰V به ۲۴V است.




**تصویر ۹-۵:** *مبدل ثابت با مدار LM317*

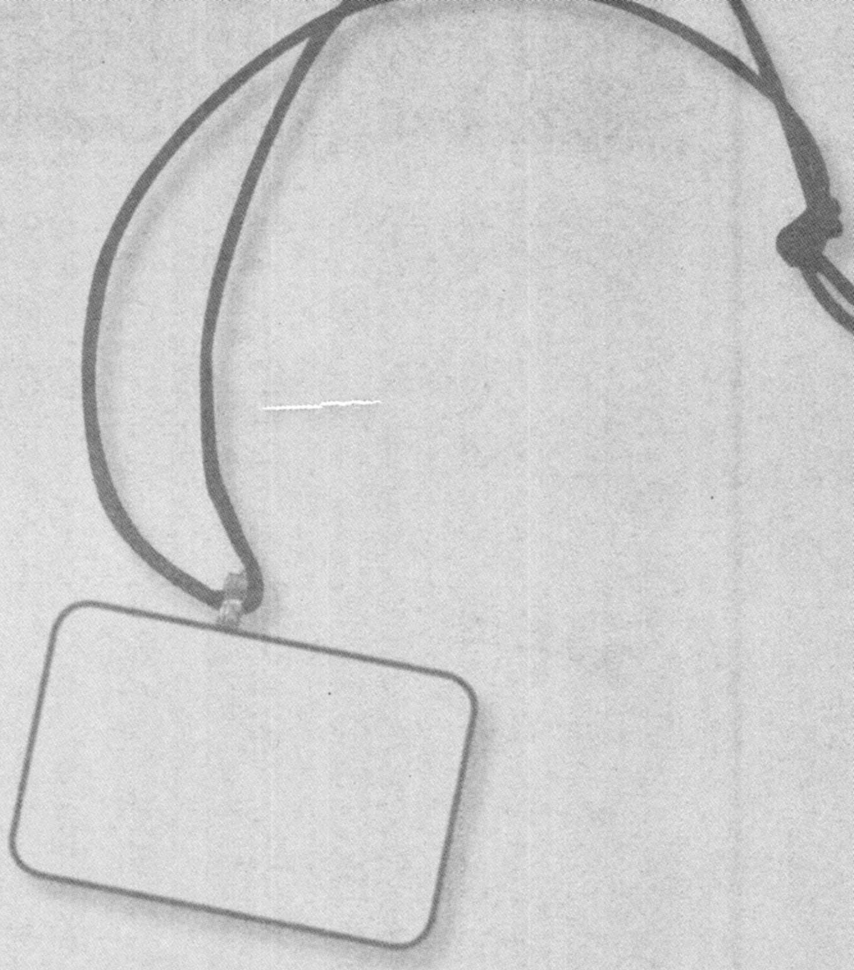
ولتاژ خروجی DC می‌تواند بوسیله یک پتانسیل‌سنج خطی در محدوده ۳۰V~۳ تنظیم شود.

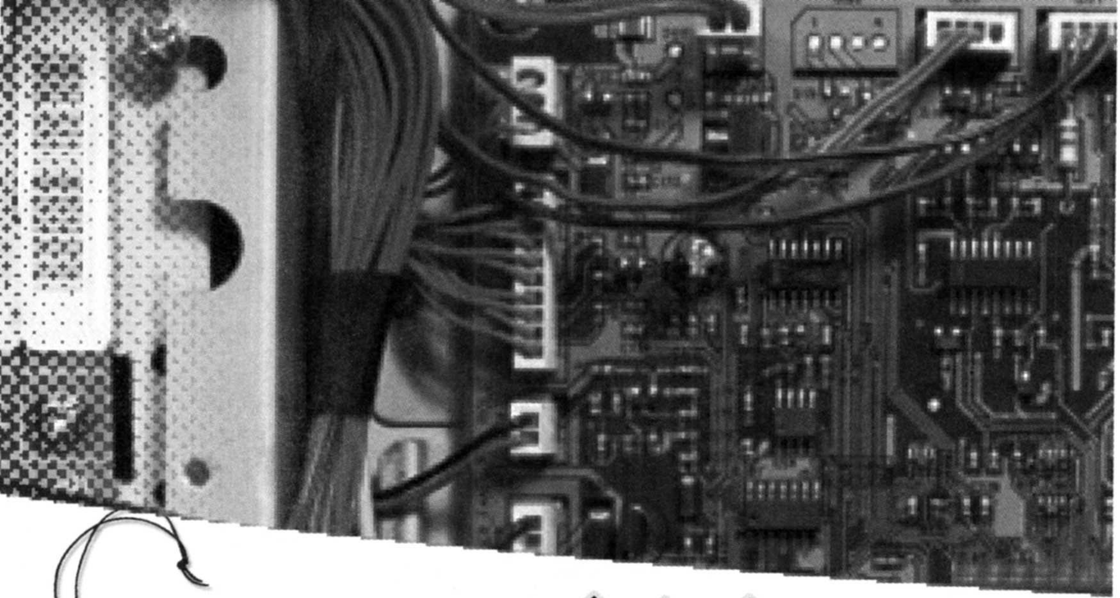



**تصویر ۱۰-۵:** *a. مبدل ثابت با تنظیم‌گر ۷۸۰۶. b مبدل خودکار C. مبدل دستگاه‌هایی که با ولتاژ ۱۱۰V کار می‌کنند d. مبدل مجزا کننده.*

تصویر ۹a-۵، یک منبع تغذیه ساده را نشان می‌دهد که در آن از یک مبدل استفاده شده است. اصطلاحاً (Centre- tap) به کار رفته در سیم‌پیچ ثانویه، این امر را ممکن می‌سازد که از دو دیود (Diode) به جای یک پل ساده (تصویر ۹-۵) استفاده کنیم. در تجهیزات آزمایشگاهی نوع خاصی از ترانسفورمرها به نام ترانسفورمرهای خودکار مورد استفاده قرار می‌گیرند. در تصویر ۳-9b دیاگرام یک مبدل خودکار را مشاهده می‌کنید. مبدل تصویر ۳-9b ولتاژ ۲۲۰ ولت را به ۱۱۰ تبدیل می‌کند و در منابع تغذیه‌ای که برای ۱۱۰ ولت طراحی شده‌اند کاربرد دارد.









# فصل ششم

## ترانزیستورها

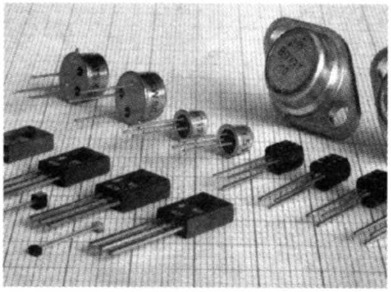
### مقدمه

ترانزیستورها از جمله قطعات کاربردی به شمار می‌روند و ممکن است در هر مدار الکتریکی دیده شوند. ترانزیستورها می‌توانند به عنوان تقویت‌کننده (Amplifiers) یا سوئیچ (Switching device) مورد استفاده قرار می گیرند. به عنوان تقویت‌کننده می‌توانند در فرکانس‌های بالا یا پایین، در نوسان‌سازها، مدولاتورها[۱]، کاوش‌گرها یا هر مدار دیگری که عملکردی خاص دارد، به کار روند. در مدارهای دیجیتال کاربرد ترانزیستورها به عنوان سوئیچ است.

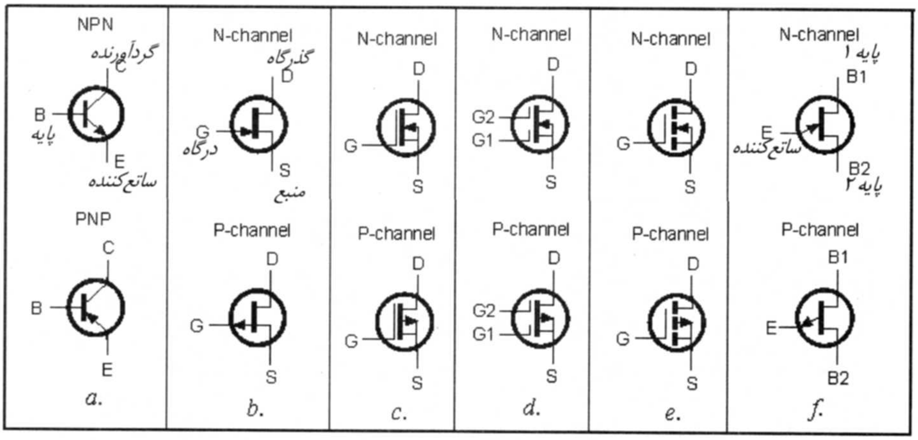
گروه بزرگی از تولیدکنندگان در سراسر دنیا، قطعات نیمه‌رسانا تولید می‌کنند (ترانزیستورها از اعضای همین خانواده‌اند) یعنی در واقع هزاران نوع مختلف از ترانزیستورها تولید می‌شود. ترانزیستورهایی با توان پایین، متوسط و بالا وجود دارند که برای عملکرد در فرکانس‌های پایین یا بالا، شدت جریان‌های بسیار بالا، یا ولتاژهای بالا طراحی شده‌اند. تعدادی از ترانزیستورهای مختلف در تصویر ۱-۶ به نمایش درآمده‌اند. شایع‌ترین نوع ترانزیستورها، دو قطبی نام دارد که به دو نوع NPN و PNP تقسیم می‌شوند. جنس آن‌ها غالباً از سیلیکون (با نماد حرف B) یا ژرمانیوم (با نماد حرف A) است. ترانزیستورهای اولیه از ژرمانیوم ساخته شدند ولی نسبت به دما بسیار حساس بودند. ترانزیستورهای سیلیکونی مقاومت بیش‌تری نسبت به دما داشته و در قیاس با نوع ژرمانیوم، هزینه تولید پایین‌تری نیز دارند.

---

۱- *Modulator: تعدیل کننده یا همان زیر و بم کننده‌ی صدا است [مترجم].*



تصویر ۱-۶




**تصویر ۲-۶:** *نماد ترانزیستور- a. دو قطبی[1]- b. TEF[2]- c. TEFSOM- d. TEFSOM[3] دو درگاهی- e. TEFSOM[4] با کانال القاگر - f: ترانزیستور تک اتصالی[5]*

گفتیم که حرف اول در نشـانه‌گذاری ترانزیسـتورها (A و B) نمایانگر جنس مواد تشکیل دهنده آن‌هاست. حال، لازم است بدانیم که حرف دوّم، مورد استفاده کلی آن‌هاست:

C- ترانزیستور با توان کم و متوسط (LF[6])

D- توان بالا (LF)

---

۱- *Bipolar*

۲- *Field- Effect Transistor = FET* [مترجم]- گاهاً تک قطبی (unipolar) هم نامیده می‌شود.

۳- *Dual gate*

۴- *Inductive channel*

۵- *Single Connection*

۶- *Low frequency*

F- کم توان (HF[1])

G- ترانزیستورهای دیگر

L- ترانزیستورهای توان بالا (HF)

P- ترانزیستورهای نوری

S- ترانزیستورهای سوئیچی

U- ترانزیستورهای ولتاژ بالا

حال به چند مثال زیر توجه کنید:

AC540: هسته ژرمانیوم- LF- کم توان

AF125: هسته ژرمانیوم- HF- کم توان

BC107: سیلیکون- LF- کم توان (۰/۳ w)

BD675: سیلیکون- LF- پرتوان (۴۰w)

BF199: سیلیکون- HF- (تا ۵۵۰ MHz)

BU208: سیلیکون- (برای ولتاژهای تا نهایتاً ۷۰۰V)

BSY54: سیلیکون- ترانزیستور سوئیچی

ممکن است حرف سومی به کار برده شود (R و Q- ترازیستورهای ماکروویو، X- ترانزیستورهای سوئیچی) اما معنی این حروف از تولید کننده‌ای تا تولید کننده دیگر متفاوت خواهد بود.

تولیدکنندگان ترانزیستور آمریکایی، علائم متفاوتی به کار می‌برند که در آن یک پیشوند ۲N و چند عدد که بعد از آن می‌آیند، به کار برده شده است. (به طور مثال ۲N۳۰۵۵). این نمادگذاری، مشابه نمادگذاری دیودهاست با این تفاوت که در آن‌ها از پیشوند ۱N استفاده می‌شود. (به طور مثال ۱N۴۰۰۴). ترانزیستورهای دوقطبی ژاپنی، با پیشوندهای: ۲SC، ۲SB، ۲SA یا ۲SD و ترانزیستورهای FET، با ۳S مشخص می‌شوند. به طور مثال:

۲SA-PNP- ترانزیستورهای HF

۲SB-PNP- ترانزیستورهای HF

۲SC-NPN- ترانزیستورهای HF

۲SD-NPN- ترانزیستورهای HF

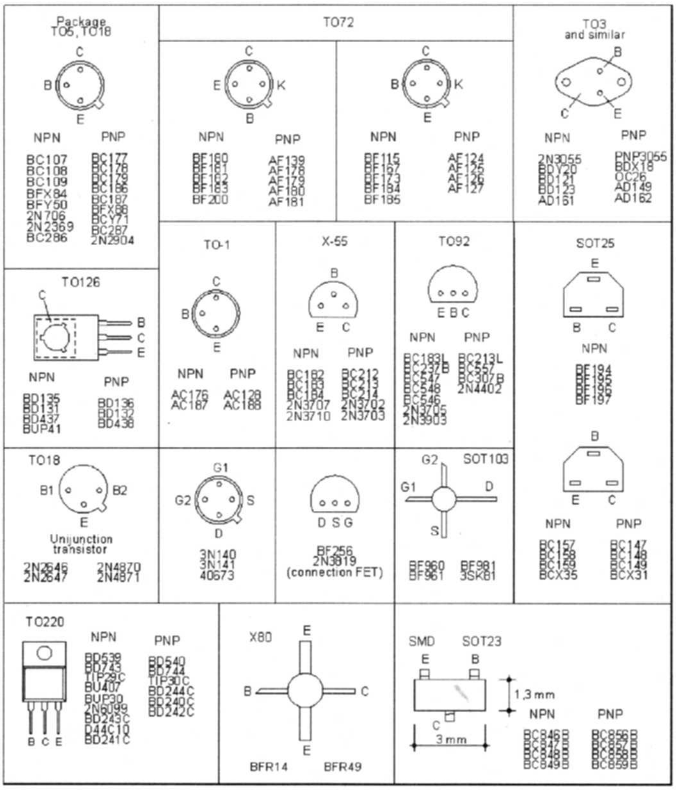
تعدادی از ترانزیستورهای مختلف در تصویر ۱-۶ و نماد شماتیک آن‌ها در تصویر ۲-۶ به نمایش درآمده‌اند. ترانزیستورهای توان پایین، در یک محفظه پلاستیکی یا فلزی و در اشکال متنوع جای دارند. ترانزیستورهای

---

۱- *High frequency*

دوقطبی، سه خروجی دارند: (B)[1] پایه، (E) ساتع‌کننده[2] و (C) گردآورنده[3] در برخی موارد، ترانزیستورهای HF، خروجی دیگری دارند که به بدنه متصل می‌شود. این خروجی به بستر[4] مدار متصل می‌شود تا از آسیب‌های احتمالی ناشی از تداخل جریان‌های دیگر، محافظت کند. خروجی ۴گانه را می‌توان در نوع FET نیز مشاهده کرد. ترانزیستورهای توان بالا، با ترانزیستورهای با توان پایین و متوسط، متفاوت‌اند چه از لحاظ شکل ظاهری و چه از لحاظ اندازه. وجود یک دفترچه راهنما یا کاتالوگ تولید کننده برای تشخیص محل دقیق اتصال خروجی‌ها به ترانزیستور، ضروری است. این دفترچه‌ها حاوی اطلاعاتی در مورد شیوه استفاده صحیح از قطعه مورد نظراند (حداکثر شدت جریان، توان، میزان تقویت و...) همچنین دیاگرامی حاوی اطلاعات پین‌های خروجی در آن‌ها قرار داده شده است.

در تصویر ۳-۶، محل خروجی‌ها و شکل صفحه‌های مختلف ترانزیستورها را مشاهده می‌کنید.




**تصویر ۳-۶:** *پین‌های خروجی در برخی از پکیج‌ها*

---

۱- *Base*
۲- *Emitter*
۳- *Collector*
۴- *ground of circuit*





به خاطر سپردن پین‌های خروجی T0-1، T0-5، T0-18 ...T0-27 در تصویر ۶-۲a می‌تواند مفید باشد. اینها ترانزیستورهایی هستند که ممکن است بیش‌تر با آن‌ها سرو کار داشته باشید.

پکیج T0-3 که برای قرار گیری ترانزیستورهای توان بالا، طراحی شده است، فقط دو پین دارد که یکی از آن‌ها مربوط به پایه و دیگری مربوط به ساتع‌کننده است. گردآورنده، به پکیج متصل می‌شود و این مجموعه، کلاً توسط پیچ‌هایی ترانزیستور را به صفحه جاذب گرما، متصل می‌کنند.

پین‌های ترانزیستورهای فرکانس بالا، (مثل BFR۱۴) با هم متفاوت‌اند. یکی از انقلاب‌هایی که در عرصه قطعات الکترونیکی رخ داد، اختراع مدارهای SMD(Surface Mounted Devices) بود. این تکنولوژی به تولیدکنندگان در تولید قطعات ریزتر، کمک شایانی کرد؛ در عین حفظ عملکرد، امکان تولید قطعات کوچک‌تر و ارزان‌تر در طراحی‌ها فراهم شد. یکی از قالب‌های SMD، پکیج SOT۲۳ است. از معایب قطعات SMD سختی لحیم کاری آن‌هاست چرا که برای لحیم کردن این قطعات باید از ابزار لحیم کاری خاصی بهره برد.

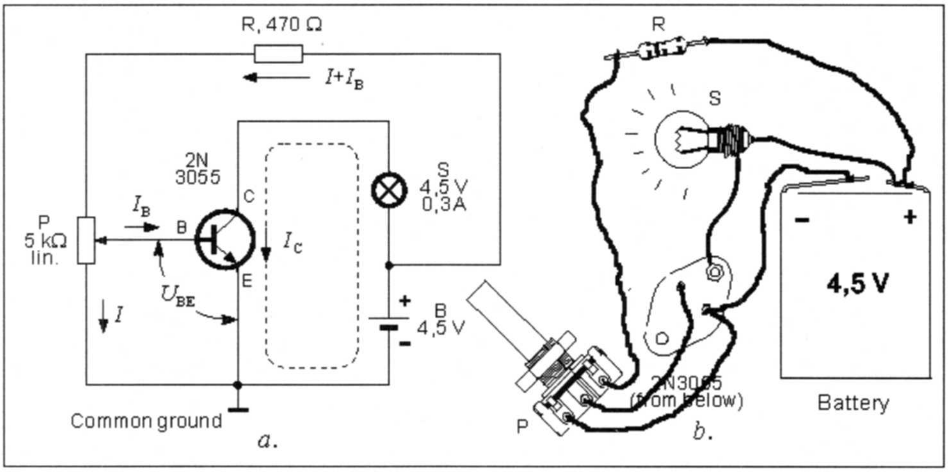
همان‌طور که گفتیم هزاران نوع ترانزیستور وجود دارد که هر یک خواص ظاهری خاص خود را دارند. مشخصه‌های ظاهری و وجوه تشابه در چارت‌های مقایسه‌ای نمایش داده می‌شوند. چنان‌چه به این چارت‌ها دسترسی ندارید، می‌توانید یکی از ترانزیستورهایی را که در اختیار دارید به کار ببرید؛ چنان‌چه مدار درست کار کرد، همه چیز درست است. شما ترانزیستورهای NPN را تنها با ترانزیستورهای NPN دیگر می‌توانید تعویض کنید. این امر در مورد ترانزیستورهای PNP و FET نیز صادق است. چک کردن محل قرارگیری پین خروجی، قبل از لحیم کاری و برقراری جریان، الزامی خواهد بود. در این فصل لیست تعدادی از ترانزیستورهایی که با یکدیگر قابل تعویض‌اند به عنوان راهنما در اختیار شما قرار داده شده است.

## شیوه عملکرد یک ترانزیستور

از ترانزیستورها در مدارهای آنالوگ برای تقویت سیگنال استفاده می‌شود، هم‌چنین ممکن است در منابع تغذیه به عنوان تنظیم‌گر یا در مدارهای دیجیتال به عنوان سوئیچ عمل کنند. بهترین راه شناخت اساس عملکرد ترانزیستورها، آزمون و خطاست. در تصویر زیر، یک مدار ساده را می‌بینید که به کمک یک ترانزیستور قدرت، یک کره را روشن کرده است. هم‌چنین در این مدار به یک باتری، یک لامپ کوچک (۰/۳A-۴/۵V)، یک پتانسیل‌سنج خطی (۵K) و یک مقاومت ۴۷۰Ω نیاز خواهیم داشت. قطعات فوق‌الذکر باید مطابق تصویر ۶-۴a به هم وصل شوند.








**تصویر ۴-۶:** *اساس کار ترانزیستورها: پتانسیل‌سنج در بالای آن قرار می‌گیرد. ولتاژ در پایه و شدت جریان ورودی به پایه نیز کاهش می‌یابد. سپس با کم شدن شدت جریان عبوری از گردآورنده، میزان نور کره، کاهش خواهد یافت.*

حضور مقاومت (R) در این مدار، الزامی نیست اما چنان‌چه از آن استفاده نکنیم، نباید درجه‌ی پتانسیل‌سنج را در حداکثر قرار دهیم چرا که ولتاژ $V_{BE}DC$ (ولتاژ بین پایه و ساتع‌کننده) در ترانزیستورهای سیلیکون نباید بیش از ۰/۶V باشد. درجه‌ی پتانسیل را در حداقل قرار دهید. این کار باعث می‌شود ولتاژ پایه (یا در حقیقت ولتاژ بین زمین و پایه) به صفر ولت برسد ($V_{BE}$=۰)، چراغ روشن نخواهد شد و این بدین معناست که شدت جریان عبوری از ترانزیستور صفر است.

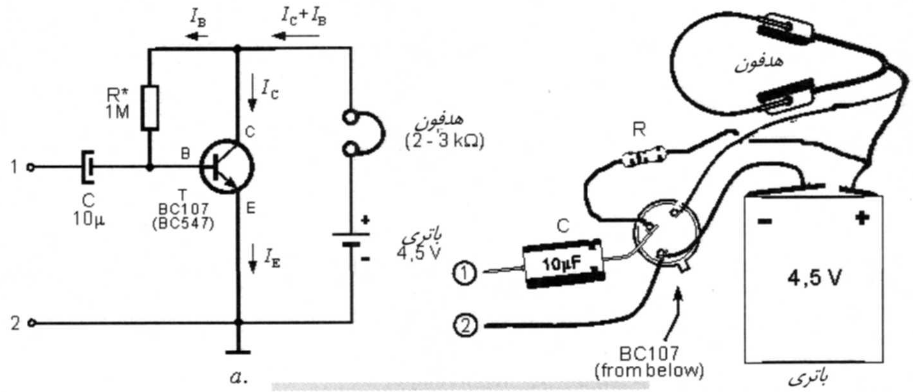
چنان‌چه ذکر شد، پایین‌ترین درجه‌ی پتانسیل‌سنج، به معنای آن است که $V_{BE}$=۰. وقتی درجه را تغییر می‌دهیم، $V_{BE}$ به تدریج افزایش می‌یابد. وقتی $V_{BE}$، به ۰/۶V رسید، شدت جریان به سمت ترانزیستور می‌رود و کره روشن می‌شود. همین طور که درجه را می‌چرخانیم، ولتاژ ۰/۶V در پایه ثابت برقرار می‌ماند ولی شدت جریان افزایش می‌یابد و این امر، شدت جریان میان مدار گردآورنده- ساتع‌کننده را افزایش می‌دهد. ولتاژ پایه به آرامی تا نزدیکی ۰/۷۵V پیش می‌رود ولی شدت جریان، افزایش چشم‌گیری داشته و کره با درخشش بیش‌تری روشن می‌شود.

چنان‌چه میان گردآورنده و لامپ، (برای سنجش $I_C$)، یک آمپرسنج، و آمپرسنج دیگر بین پتانسیل‌سنج و پایه (برای سنجش $I_B$) و یک ولت‌سنج بین زمین و قاعده وصل کرده و آزمایش را مجدداً تکرار کنیم، به نتایج جالبی دست خواهیم یافت. وقتی پتانسیل‌سنج در پایین‌ترین درجه است، $V_{BE}$ برابر صفر است؛ درست مثل شدت جریان در $I_B$ و $I_C$. وقتی که درجه پتانسیل‌سنج تغییر می‌کند این مقادیر افزایش می‌یابند تا لامپ شروع به درخشش کند. میزان مقادیر $V_{BE}$ و $I_B$ از قرار زیر است:

۰/۱V=۰/۸mA , $V_{BE}$=۳۶mA, $I_B$=$I_C$

➔ **توجه :** *چنان‌چه مقادیر بدست آمده توسط شما با این اعداد متفاوت است، علت را می‌توان در تفاوت ترانزیستور ۲N۳۰۵۵ به کار رفته در این مدار و ترانزیستور مورد استفاده توسط شما، جستجو کرد که این مسئله، امری اجتناب‌ناپذیر در به کارگیری ترانزیستورهای مختلف است.*

بگذارید سری به یک آزمایش دیگر بزنیم که اطلاعاتمان را در رابطه با عملکرد ترانزیستورها گسترش خواهد داد. مواد مورد نیاز از قرار زیر است: یک ترانزیستور BC۱۰۷ (یا هر ترانزیستور کم توان دیگر)، یک منبع تغذیه (مثل آزمایش قبلی)، مقاومت ۱M، هدفون و یک مقاومت الکترولیتی که ظرفیت آن از ۱۰μF تا ۱۰۰ متغیر بوده و حداکثر ولتاژ آن دلخواه باشد. مطابق شکل ۵-۶ آمپلی‌فایر فرکانس پایین ساده را می‌توان با قطعات ذکر شده در بالا، ساخت.




**تصویر ۵-۶:** *یک ترانزیستور آمپلی‌فایر ساده*

توجه کنید که نمای شماتیک ۶-۵a، مشابه همان شماتیک ۶-۴a است. تفاوت اصلی در آن است که گردآورنده به هدفون‌ها متصل است. مقاومت «روشن‌گر» که در پایه قرار دارد، ۱M است. وقتی مقاومتی وجود ندارد، شدت جریانی هم در $I_B$ و $I_C$ وجود نخواهد داشت. هنگامی که مقاومت به مدار وصل باشد، ولتاژ پایه برابر با ۰/۶V و شدت جریان پایه‌ی $I_B$، ۴μA خواهد بود. ورودی ترانزیستور ۲۵۰ است و این بدان معناست که شدت جریان در گردآورنده برابر ۱mA است. از آنجا که هر دوی این جریان‌ها به ترانزیستور وارد می‌شوند، بدیهی است که شدت جریان ساتع‌کننده برابر با مقدار زیر است:

$$I_E = I_C + I_B$$

از آنجا که شدت جریان در پایه مستقل از شدت جریان گردآورنده است، داریم:

$$I_C = I_E$$





رابطه میان جریان عبوری از گردآورنده و پایه، تناسب تقویت شدت جریان در ترانزیستور نام دارد:

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{1mA}{4\mu A} = \frac{1.10^{-3}A}{4.10^{-6}A} = 250$$

هدفون را روشن کرده و ولوم را روی یک بگذارید، صدای خش‌خش خواهید شنید. بدن شما فرکانس برق ۵۰Hz را دریافت می‌کند. علت تولید صدای خش‌خش همین ولتاژ است که توسط ترانزیستور تقویت می‌شود. بگذارید راجع به این مدار قدری بیش‌تر توضیح دهیم. ولتاژ AC، با فرکانس ۵۰Hz، توسط خازن C به پایه‌ی ترانزیستور وصل می‌شود. ولتاژ پایه، اکنون برابر مجموع ولتاژ DC (حدود ۰/۶) است، به انضمام مقاومت R و ولتاژ AC مربوط به انگشت دست. این مورد بدین معناست که ولتاژ مربوط به پایه بالاتر از ۰/۶V است و به همین دلیل، شدت جریان مربوط به گردآورنده بیش از ۱mA است.

این شدت جریان متغیر، برای به حرکت درآوردن صفحه اسپیکرها ۵۰ بار به بیرون و ۵۰ بار به داخل به کار گرفته می‌شود و این بدین معناست که خروجی آن صوتی با بسامد ۵۰Hz خواهد بود. گوش دادن به یک پارازیت ۵۰Hz آن چنان جالب به نظر نمی‌رسد! لذا شما می‌توانید به نقاط ۱ و ۲ یک منبع تولید سیگنال کم بسامد (میکروفن یا CD-Player) وصل کنید. هزاران مدار مختلف وجود دارند که از ترانزیستور به عنوان یک تقویت‌کننده استفاده می‌کنند. تمام این ترانزیستورها، رفتاری مشابه آنچه در آزمایشات گذشته بیان کردیم، نشان می‌دهند. بنابراین با انجام این آزمایشات در واقع شما بخشی از مدارهای الکتریکی بزرگ را ساخته‌اید.

## مشخصه اصلی ترانزیستورها

انتخاب صحیح یک ترانزیستور برای یک مدار، به مشخصه‌های زیر وابسته است:

حداکثر میزان ولتاژ میان گردآورنده و ساتع‌کننده ($V_{CE}$ max)، حداکثر شدت جریان گردآورنده ($I_C$ max) و حداکثر توان ($P_C$ max).

چنان‌چه مایل به تعویض یک ترانزیستور نابه‌جا در یک مدار هستید یا صرفاً مایلید مدار جدیدی بسازید، به نکات زیر دقت کنید. مدار شما نباید از حداکثر مقادیر قابل پذیرش برای ترانزیستور متجاوز کند. در غیر این صورت احتمال صدمات جزیی وجود دارد. در کنار ذکر شده، گاهی اوقات توجه به میزان تقویت شدت جریان و حداکثر فرکانس نیز ضروری است. وقتی یک ولتاژ $V_{CE}$ − DC بین گردآورنده (C) و ساتع‌کننده (E) و شدت جریان در گردآورنده (C) وجود داشته باشد، ترانزیستور به عنوان یک هیتر برقی عمل می‌کند که قدرت آن از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$P_C = V_{CE} \times I_C$$

به همین دلیل ترانزیستور بدنه خود و محتویات خود را گرم می‌کند. وقتی $V_{CE}$ یا $I_{CE}$ (یا هر دو با هم) افزایش یابند، دما بالا رفته و ترانزیستور آسیب می‌بیند. حداکثر محدوده توان یک ترانزیستور، $P_C$ max است



(می‌توان در دفترچه راهنما یافت). این امر بدین معناست که حاصل UCE و IC، نباید از PC max تجاوز کند.

$$V_{CE} \times I_C = P_C \max$$

بنابراین چنان‌چه ولتاژ ورودی به ترانزیستور افزایش یابد، شدت جریان کاهش خواهد یافت. برای مثال حداکثر محدوده BC۱۰۷ مطابق زیر است:

$۱۰۰mA = I_C \max$

$۴۵V = V_{CE} \max$

$۳۰۰mW = P_C \max$

چنان‌چه به $I_C$ برابر ۶۰mA نیاز داریم، ولتاژ حداکثر برابر است با:

$$V_{CE} = \frac{P_{c\,max}}{I_C} = \frac{300mW}{60mA} = 5V$$

در ۳۰V=UCE، حداکثر جریان برابر است با:

$$I_C = \frac{P_{c\,max}}{V_{CE}} = \frac{300mW}{30V} = 10mA$$

از خصوصیات دیگر این ترانزیستور می‌توان به ضریب تقویت‌کنندگی شدت جریان در این ترانزیستور اشاره کرد که بین ۱۰۰=hFE یا ۴۵۰ بوده و این که می‌توان از آن در فرکانس‌های زیر ۳۰۰MHz استفاده کرد. با توجه به میزان‌های تعیین شده توسط سازنده، بهترین عملکرد (پایستگی، پارازیت حداقل، خروجی بالا و...) در $V_{CE} = ۵V$ و $I_C = ۲mA$ میسر خواهد بود. در مواردی ممکن است غلبه بر حرارت ایجاد شده توسط ترانزیستور، با تنظیم ولتاژ و شدت جریان، میسر نباشد. در این صورت صفحه‌ی فلزی سوراخ‌داری که ترانزیستور را به یک جاذب گرما متصل کرده، حرارت را به سطح وسیع‌تری منتقل می‌کند و آن را تقلیل می‌دهد.

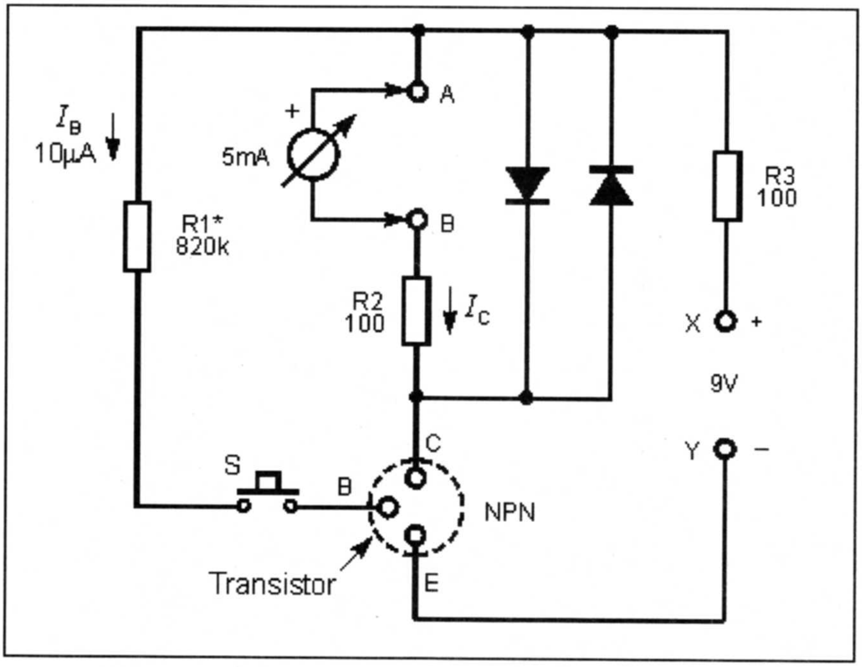
در برخی مدارها تقویت شدت جریان از اهمیت خاصی برخوردار است. هم چنین در مواردی تساوی میزان تقویت جریان در دو ترانزیستور مورد اهمیت خواهد بود. به طور مثال ترانزیستور hFE،۲N۳۰۵۵H بین ۲۰ و ۷۰ دارند؛ یعنی هرگاه دو ضریب خاص می‌خواهیم باید hFE هر ترانزیستور را (۲۰ یا ۷۰) محاسبه کنیم. برخی مالتی‌مترها امکان اندازه‌گیری آن را به ما می‌دهند ولی نه همیشه. در اینجا مداری (۴،۶) طراحی کرده‌ایم تا ترانزیستورها را تست کنیم. تمام آنچه شما نیاز دارید یک مالتی‌متر با قابلیت اندازه‌گیری جریان DC تا ۵mA است. کاربرد هر دو دیود به کار گرفته (۱NA۴۰۰۱، یا هر دیود سیلیکونی دیگر) و مقاومت‌های ۱K محافظت از دستگاه در صورت آسیب دیدن ترانزیستور است. همان‌طور که پیش‌تر اشاره کردیم خروجی شدت جریان $hFE=I_C/I_B$ است. در مدار هنگامی که سوئیچ S روشن است جریان به سمت پایه پیش می‌رود و مقدار آن در حدود $I_B = ۱۰\mu A$ خواهد بود، بنابراین چنان‌چه شدت جریان در گردآورنده بر حسب میلی‌آمپر سنجیده شود،



خروجی برابر است با:

$$hFE = I_C \times ۱۰۰$$

برای مثال، چنان‌چه مالتی‌متر ۲/۴ mA را نشان دهد $hFE = ۲/۴ \times ۱۰۰ = ۲۴۰$



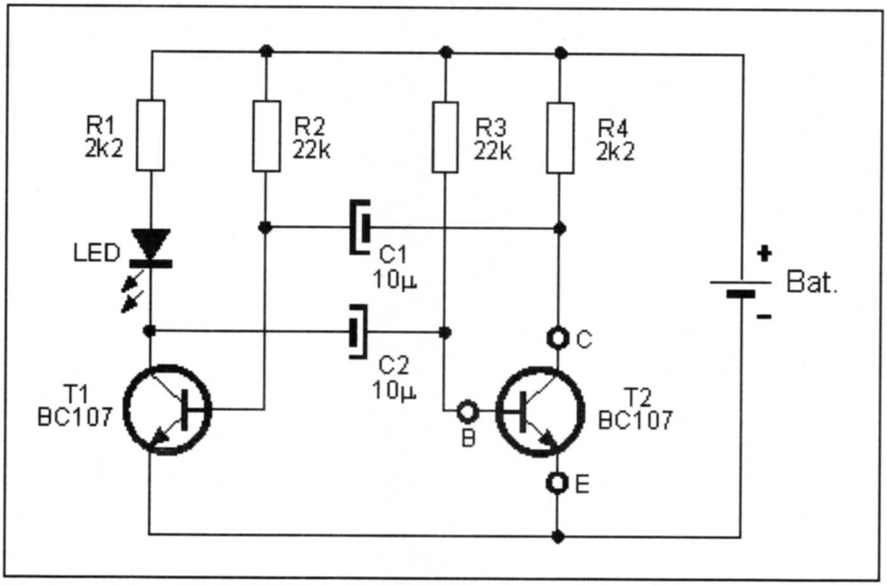

**تصویر ۶-۶:** *اندازه‌گیری میزان hFE*

هنگامی که مشخصات ترانزیستورهای NPN را محک می‌زنیم، منبع تغذیه باید مطابق دیاگرام بالا متصل شده باشد. در مورد ترانزیستورهای PNP، باتری را برعکس وصل می‌کنیم که در این شرایط، پروب‌ها هم برعکس می‌شوند، همان‌طور که در مورد مدارهای آنالوگ این کار را می‌کنیم. اگر با مدارهای دیجیتال کار می‌کنید، مهم نیست که پروب‌ها در کدام جهت باشند اما چنان‌چه قطعات را مانند NPN وصل کنید، مقابل رقم دستگاه یک منفی خواهید دید و معنی آن جهت معکوس شدت جریانی است که در مدار، شارش یافته است.

## ایمن‌ترین راه تست ترانزیستورها

راه دیگر تست ترانزیستورها، قرار دادن آن‌ها در یک مدار و ارزیابی گردش جریان است. مدار زیر یک مالتی ویبراتور[1] است. ترانزیستور مفروض T۲ نام دارد. ولتاژ منبع تغذیه حداکثر ۱۲V است. چنان‌چه ترانزیستور اتصالی مناسب باشد، چراغ LED چشمک می‌زند.

۱- multivibrator




**تصویر ۷-۶:** *نوسان‌ساز مورد استفاده در تست ترانزیستورها*

برای تست ترانزیستور PNP، شرایط مشابه بالاست، تنها ترانزیستوری که باید کلاً تعویض گردد، T۱ بوده و باتری، LED، C۱ و C۲ فقط برعکس وصل می‌شوند.

## TUN و TUP

همان‌طور که قبلاً گفتیم، بسیاری از قطعات الکتریکی حتی با وجود حذف ترانزیستور هم به خوبی کار می‌کنند. به همین دلیل بسیاری از نشریات در تصاویر شماتیک خود از نماد TUN[۱] یا TUP[۲] استفاده می‌کنند. این‌ها ترانزیستورهای همه‌کاره هستند. TUN نشان‌گر ترانزیستور NPN همه کاره و TUP نشان‌گر تزانزیستور PNP همه‌کاره است. این ترانزیستورها، مشخصه‌های زیر را دارند:

$V_{CE}$ max = ۲۰V

$I_C$ max = ۱۰۰mA

hFF min = ۱۱۰

$P_C$ max = ۱۰۰mW

FTmin = ۱۰۰MHz

۱- *Transistor Universal NPN=TUN*
۲- *Transistor Universal PNP=TUP*

برخی از TUNها عبارت‌اند از:

| | | |
|---|---|---|
| BC207 (8,9) | BC147 (8,9) | BC107 (8,9) |
| BC347 (8,9) | BC317 (8,9) | BC237 (8,9) |
| BC182 (3,4) | BC171 (2,3) | BC547 (8,9) |
| 2N3856A | BC437 (8,9) | BC382 (3,4) |

2N385 2N3860 2N3904 2N3947 2N4124 etc

برخی از TUPها عبارت‌اند از:

| | | |
|---|---|---|
| BC204 (5,6) | BC177 (8,9) | BC157 (8,9) |
| BC261 (2,3) | BC251 (2,3) | BC212 (3,4) |
| BC350 (1,2) | BC320 (1,2) | BC307 (8,9) |
| BC416 | BC557 (8,9) | BC512 (3,4) |

.2N2412 2N3251 2N3906 2N4126 2N4291 etc

## مثال‌های عملی با ترانزیستور

نقش اصلی ترانزیستور در یک مدار آنالوگ، کار کردن به عنوان یک قطعه‌ی تقویت‌کننده است. دیاگرام ۸-۶ یک گیرنده رادیویی ساده را به نمایش می‌گذارد (معمولاً با نام مجموعه کریستال - آمپلی‌فایر). خازن متغیر C و سیم‌پیچ L، یک مدار نوسان‌گر موازی را می‌سازند که در ردیابی سیگنال رادیویی خاصی از میان دیگر فرکانس‌های مختلف، کاربرد دارد. یک دیود، یک خازن ۱۰۰pF و یک مقاومت ۴۷۰K، یک شناساگر دیودی را می‌سازند که کاربرد آن در تبدیل ولتاژ فرکانس به خروجی (موسیقی یا صدای کلام) است. خروجی مقاومت ۴۷۰K، از یک خازن ۱μF عبور کرده و به پایه‌ی ترانزیستور می‌رسد. ترانزیستور و قطعات همراه آن، یک تقویت‌کننده‌ی فرکانس‌های پایین را می‌سازند که سیگنال را تقویت خواهد کرد.

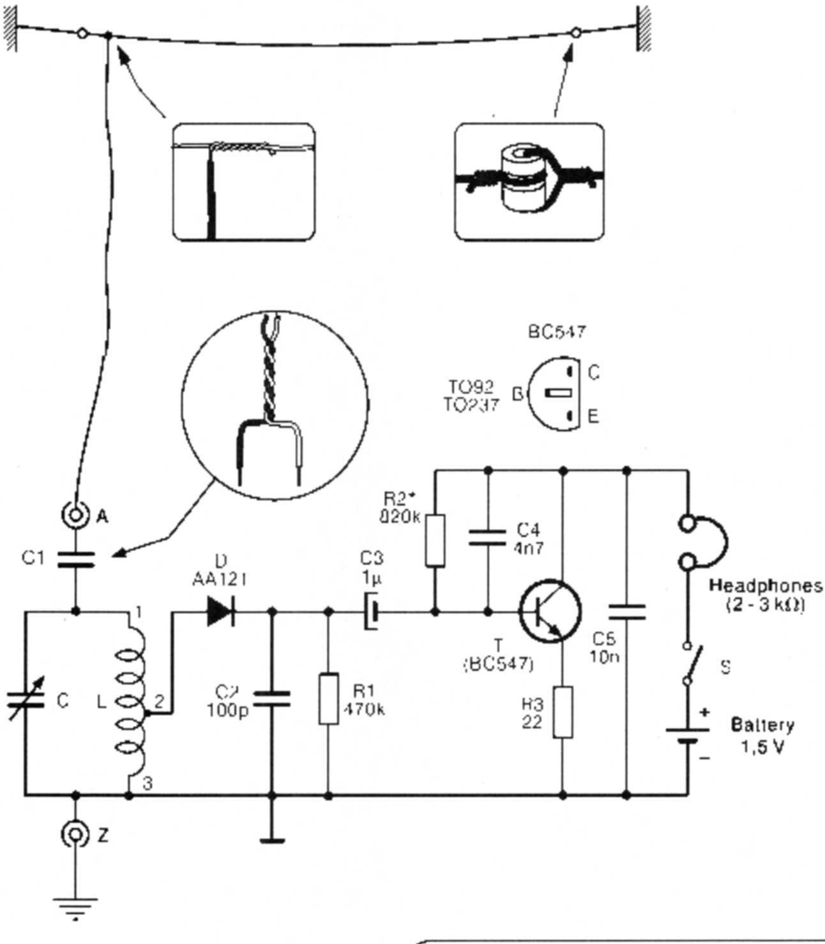
در تصویر ۸-۶ نمادهای معمول برای زمینه مدار[1] و اتصال به زمین[2] را می‌بینید. تازه کارها معمولاً دو اصطلاح «زمینه مدار» و «اتصال به زمین مدار» را با هم یکی می‌دانند! در صورتی که اشتباه است. در برد مدار موردنظر، زمینه مدار، معمولاً یک مسیر مسی است که اندازه آن طویل‌تر از مسیرهای دیگر است. در ساخت این گیرنده رادیویی، زمینه مدار، یک نوار مسی است که سوراخ‌های خازن C، سیم‌پیچ‌ها، خازن ۱۰۰μF و مقاومت ۴۷۰K را به هم وصل می‌کند و قطعات به آن نقاط لحیم کاری می‌شوند.

در صورتی که اتصال به زمین، یک سیم فلزی است که به زمین مرطوب متصل می‌گردد (اتصال ناحیه‌ی در «اتصال به زمین» مدار به لوله‌کشی یا شوفاژ در منزل می‌تواند یک راه مناسب باشد). مقاومت R۲، ترانزیستور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ولتاژ باید در محدوده‌ی ۰/۷V باشد. بنابراین ولتاژ در گردآورنده، حدوداً نصف ولتاژ باطری خواهد بود.

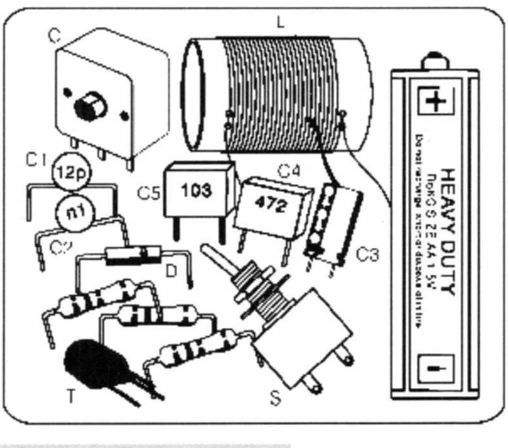
---

۱- Ground

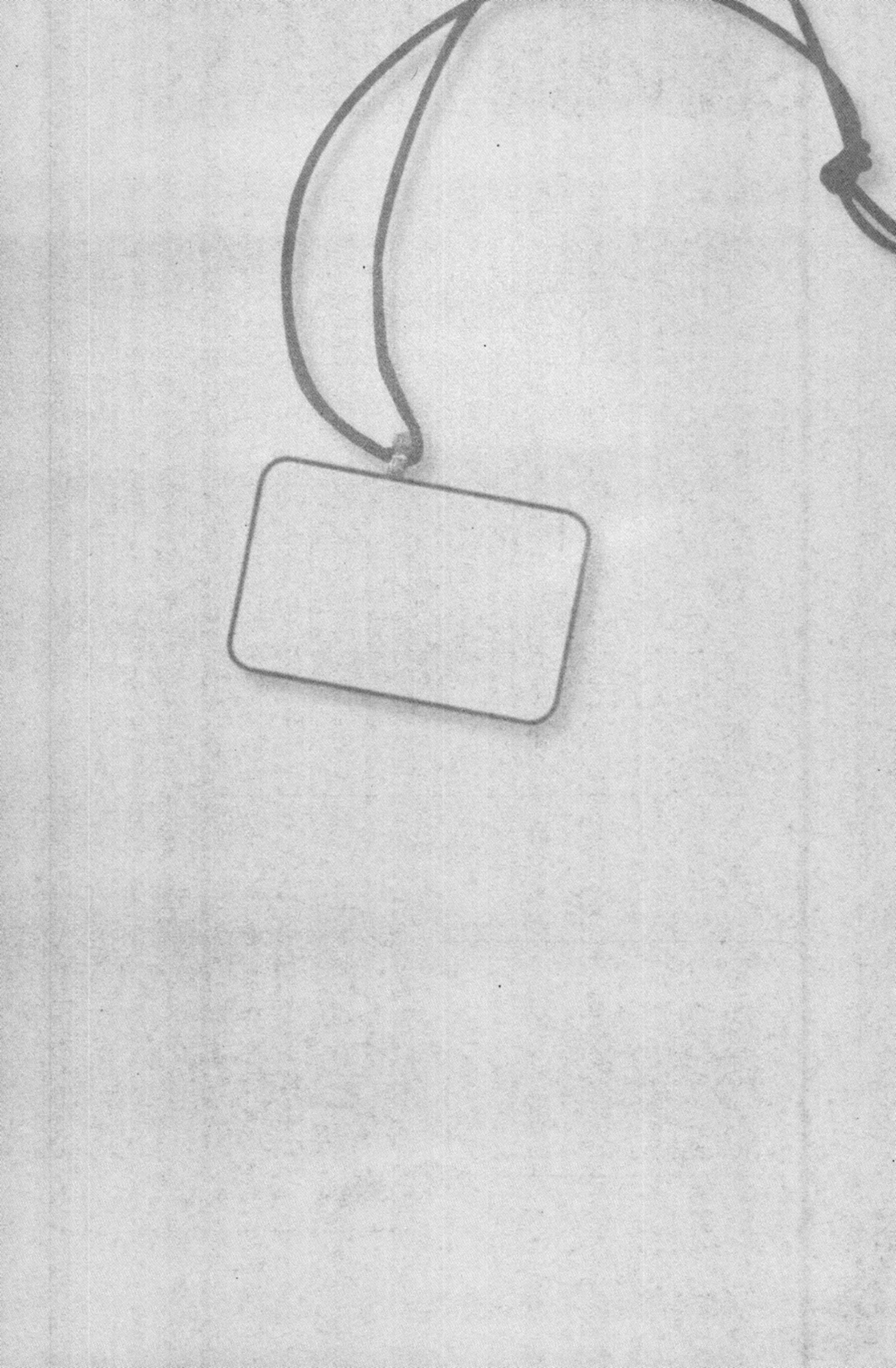
۲- Grounding

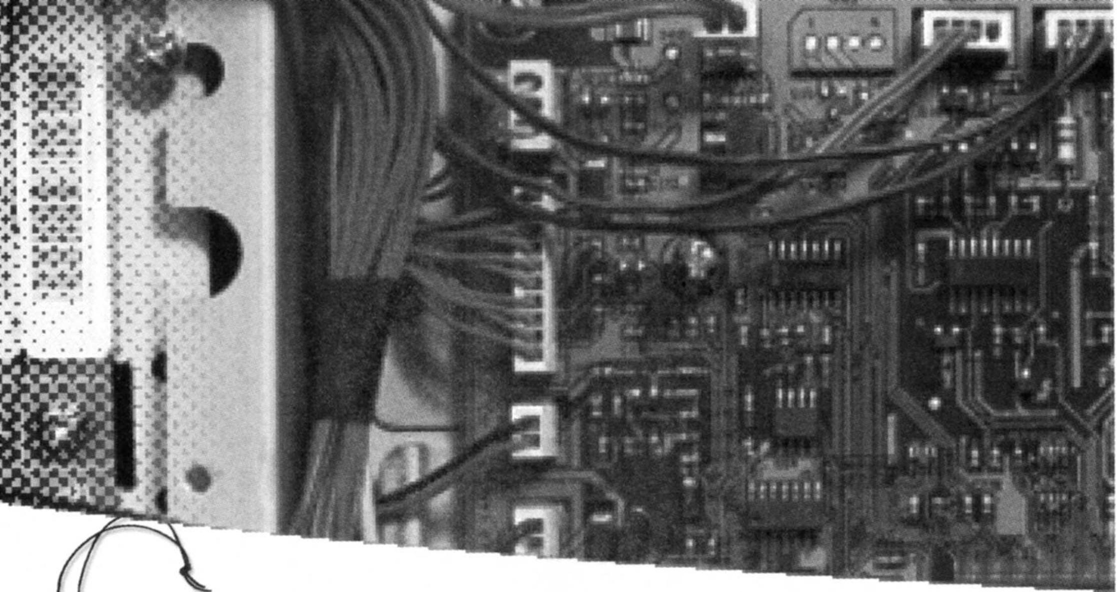



C1 - 5pF.....30 pF
C2 - 100pF.....1nF
C3 - 470nF....5µF
L - 0,35 mH
C - $C_{min}$=12pF, $C_{max}$=218pF
R1 - 500kΩ.....50 kΩ
R2 - 500 kΩ.....2,2 MΩ
D - DUG ( AA112, AA116, AA121, 1N34 )
T - TUN (BC547, BC107,8,9 i sl.)




**تصویر ۸-۶:** *گیرنده‌های کاوشگر به همراه یک تقویت‌کننده‌ی ساده*







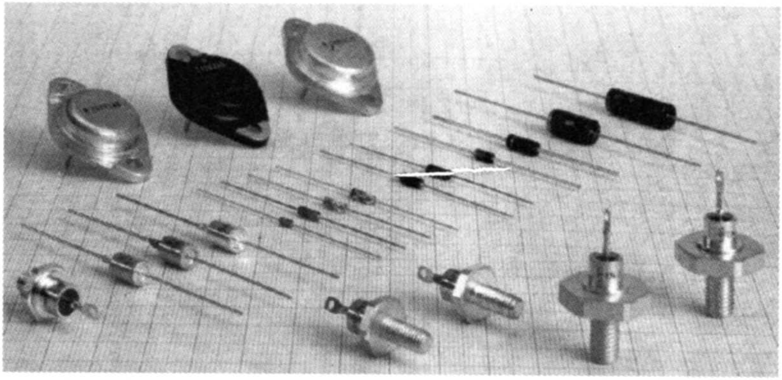
# فصل هفتم

## دیودها

### مقدمه

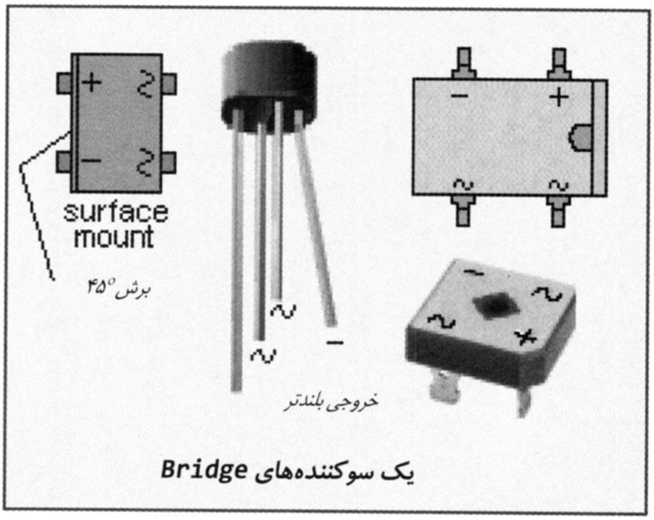
دیودها نیز همانند ترانزیستورها از جنس مواد نیمه‌رسانا بوده و در بر علامت‌گذاری آن‌ها حرف A نماد ژرمانیوم و حرف B نماد سیلیکون است. محفظه دیودها می‌تواند شیشه، فلز یا پلاستیک باشد. دیودها دو خروجی (K) (کاتد) و (A) (آند) دارند. خاصیت دیودها این است که در یک جهت جریان، کم‌ترین مقاومت و در جهت معکوس آن بیش‌ترین مقاومت را از خود نشان می‌دهند. وقتی یک دیود با مولتی‌متر اندازه‌گیری می‌شود و مقاومت خیلی پایین را نشان می‌دهد؛ این مقاومت، مقاومت واقعی دیود نیست. این نمایش تنها افت ولتاژ را در ناحیه اتصال دیود نشان می‌دهد و نمایانگر سالم بودن اتصالات دیود به مدار است. چنان‌چه میزان مقاومت در یک جهت پایین و در جهت مخالف بالا بود نشان‌دهنده آن است که دیود درست کار می‌کند.

تا زمانی که اتصال دیود به گونه‌ای است که ولتاژ در آند بالاتر از کاتد است عملکرد آن همانند یک مقاومت ضعیف است و جریان شارش خواهد یافت. اما چنان‌چه دیود در جهت مخالف مورد گذشته، به مدار متصل گردد، به عنوان یک مقاومت بسیار قوی عمل کرده و از شارش جریان جلوگیری خواهد کرد. حالت اول که دیود به جریان اجازه عبور می‌دهد را اصطلاحاً (Forward Biased) و حالت دوّم را (Reverse Biased) می‌نامند. در تصویر ۱-۷ انواعی از دیودهای مختلف را می‌بینید:



**تصویر ۱-۷:** *انواعی از دیودهای مختلف*

دیودهای تصویر بالا همگی به صورت مستقل (تکی) هستند، در حالی که ۴ دیود می‌توانند در یک محفظه مشترک جای داده شوند. به این محفظه‌های ۴ تایی، با نام BRIDGE[1] یا یک‌سو کننده‌ی BRIDGE معروف‌اند. نمونه‌های پکیج ۴ گانه‌ی Bridge را در تصویر زیر می‌بینید.



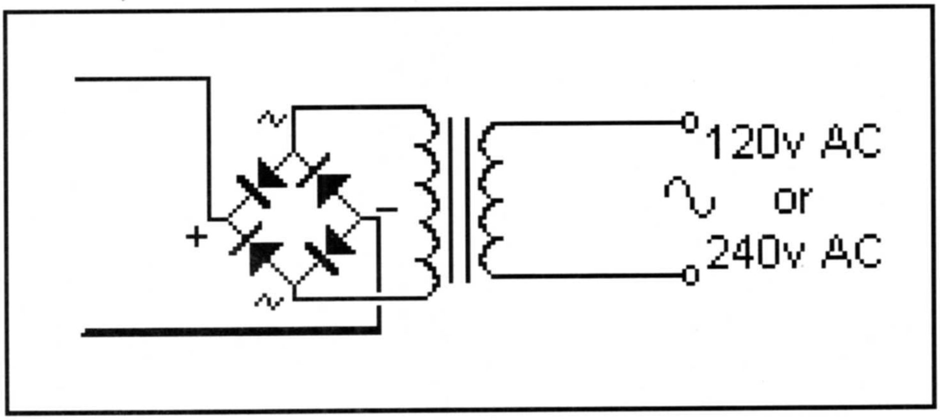

**یک سوکننده‌های Bridge**

شما باید بتوانید خروجی‌های Bridge را تشخیص دهید تا آن‌ها را به صورت صحیح در مدار قرار دهید. SMD (به فصل اول رجوع کنید) بالا، با برش °۴۵ ای در یک سمت، شناخته می‌شود. Bridge وسط در تصویر بالا، یک خروجی بلندتر از بقیه خروجی‌ها دارد و سرآن با نماد AC و + مشخص شده است. Bridge

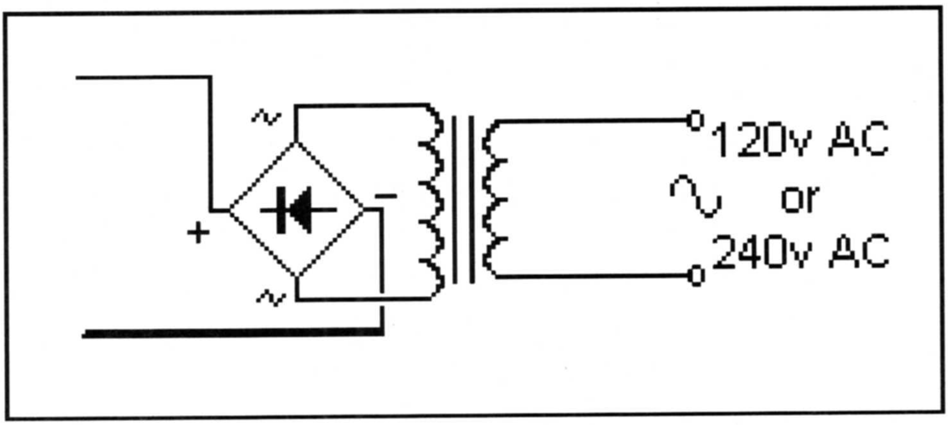
۱- *BRIDGE Rectifier: مجموعه‌ی ۴ دیود که به صورت بریج به هم وصل شده‌اند. اتصال پلی (Bridge) در تصویر زیر مشهود است [مترجم].*

مورد استفاده در شدت جریان بالا، در یکی از گوشه‌ها بریدگی دارد. مابقی SMDها، معمولاً یک فرورفتگی یا بریدگی در یکی از گوشه‌ها دارند.

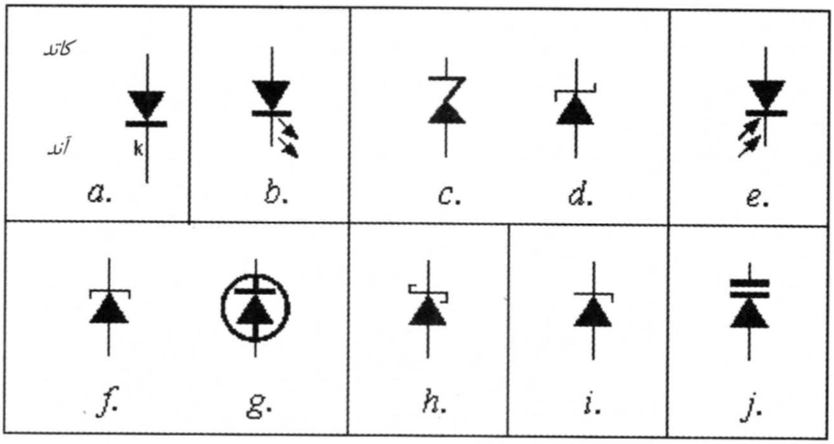
این قطعات مطابق دیاگرام زیر روی مدار وصل می‌شوند:




جهت‌ها در دیودهای ۴تایی مشابه است، بنابراین می‌توان به جای آن از نماد یک دیود منفرد استفاده کرد.



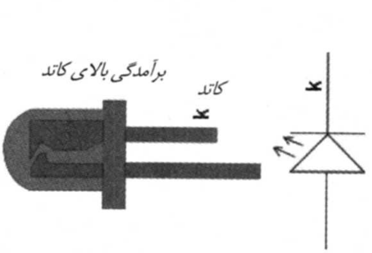

نمادهای تصویر ۲-۷، تعدادی دیود را نشـان می‌دهد. برخی دیودها برای مقاصد خاصی طراحی شـده‌اند: برای شـدت جریان بالا، سرعت انتقال بالا، افت ولتاژ پایین، تشخیص روشنائی، و خازن‌های متغیر نسبت به میزان ولتاژ. اکثر دیودها، از جنس سیلیکون ساخته شده‌اند تا مقاومت بالائی نسبت به دمای بالا از خود نشان دهند اما در صورتی که افت ولتاژ کم باشـد، ژرمانیوم هم می‌تواند گزینه مناسـبی باشد. نوعی دیگر از دیودها، دیود سـاتع‌کننده‌ی نور (Light Emitting Diode- LED) اسـت اما این نوع خاص با انواع ذکر شـده، کاملاً متفاوت است.




**تصویر ۲-۷:** *نماد دیودها- a. دیود استاندارد[۱]- b. دیود LED[۲]- c,d. دیود Zener[۳]- e. دیود نوری[۴]- f,g. دیود tunnel[۵]- h. دیود Schottky. i حد شکست- j. خازنی*

LEDها از ماده‌ای کریستالی ساخته شده‌اند که وقتی جریان درونشان شارش پیدا کند از خود نور ساتع می‌کنند. بسته به نوع کریستالین: قرمز، زرد، سبز، آبی یا نارنجی، نورهای مختلفی ایجاد می‌شوند. از آنجا که نمی‌توان با هیچ کدام از انواع کریستال‌ها، نور سفید تولید کرد، از ترکیب قرمز، آبی و سبز در یک محفظه، آن را می‌سازیم.

LEDها دو سیم کاتد و آند جداگانه دارند که در اتصال آن‌ها به مدارهای DC، باید دقت کرد. همان‌طور که در تصویر زیر می‌بینید، سیم کاتد در زیر برآمدگی بزرگتر و زاویه‌دار گوشه LED قرار دارد و کوتاه‌تر از سیم آند است.




---

۱- Standard. مشابه آنچه توضیح داده شد.

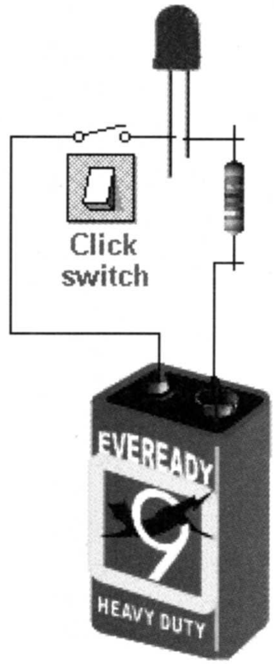
۲- Light Emitting Diodes

۳- Zener Diodes: نوع خاصی از خانواده دیودهاست که در یک جهت همانند دیودهای معمولی عمل می‌کند و در صورت آن که ولتاژ از مقداری خاص تجاوز کند، اجازه عبور جریان در جهت مخالف را نیز می‌دهد. نام آن برگرفته از مبتکری به نام Clarence Zener است. این میزان ولتاژ خاص، اصطلاحاً ولتاژ حد آستانه یا حد شکست (Break Down)، (Zener Knee Voltage) یا (Zener Voltage) نام دارد [مترجم].

۴- Photo Diode. به نوعی دیود که کاربرد آن در تبدیل نور به شدت جریان یا ولتاژی خاص است. سلول‌های صفحات خورشیدی در واقع دیودهای نوری در مقیاس وسیع هستند [مترجم].

۵- Tunnel Diode. نام دیگر آن برگرفته از نام مبتکرش Esaki Diode است. کاربرد این دیود در مدارهای بسیار سریع مانند قسمت فرکانس ساز مایکروویو است که این کار را با کمک اثرات مکانیکی کوانتوم انجام می‌دهد [مترجم].

یکی از مهم‌ترین نکاتی که باید در مورد LEDها مدنظر قرار گیرد، ولتاژ خاصی است که LED باید به آن متصل شود. چنان‌چه فرضاً در LED قرمز رنگ این میزان از ۱/۷ V تجاوز کند، LED آسیب خواهد دید. یکی از راهکارهای تنظیم ولتاژ عبوری از LEDها (مطابق شکل زیر) قرار دادن یک مقاومت در مسیر جریان است:




LED تنها به ولتاژ خاص خود پاسخ می‌دهد و این میزان ولتاژ خاص توسط مقاومت در مدار بالا، تنظیم می‌شود. دیودهای Zener (۷-۲c و ۷-۲d) برای پایستگی ولتاژ، طراحی شده‌اند. دیودهای با نماد ZPD۵،۶V یا ZPY۱۵V با ولتاژهای ۵،۶V و ۱۵V کار می‌کنند.

دیودهای نوری (۷-۲e) طوری ساخته شده‌اند که نور را روی اتصال P-N منتقل می‌کنند. در زمانی که نور وجود ندارد، دیود نوری همانند یک دیود معمولی عمل می‌کند، به طوری که میزان مقاومت در یک جهت جریان بالا و در جهت مخالف پایین است. در زمانی که نور وجود دارد، مقاومت در هر دو جهت شارش، پایین خواهد بود. دیودهای نوری و LEDها، قطعات اصلی در optocoupler به شمار می‌روند. دیودهای Tunnel (۷-۲g و ۷-۲f) معمولاً در نوسان‌سازها در فرکانس‌های بالا عمل می‌کنند.

دیودهای Schottky (۷-۲h) در مدارهای فرکانس بالا، مورد استفاده قرار می‌گیرند چرا که در جهت جریان عبوری افت ولتاژ پایینی دارند.

دیودهای حد آستانه (Break Down) (۷-۲i) در واقع دیودهای Zener هستند. در دستگاه‌های مختلفی جهت محافظت و تنظیم ولتاژ، از آن‌ها استفاده می‌شود. این دیودها تنها در صورتی اجازه عبور جریان را می‌دهند که میزان ولتاژ از میزان تعیین شده‌ای فراتر رود.

دیـود Varicap (۷-۲j) بـه جای خازن‌های متغیر، در مدارهای فرکانس بالا، مورد اسـتفاده قرار می‌گیرد. وقتی ولتاژ عبوری از آن تغییر کند، ظرفیت خازنی بین کاتد و آند تغییر می‌کند. مورد استفاده‌ی این دیود معمولاً در گیرنده‌های رادیویی، نوسان‌سازها، Transceiver[1]ها و...

کاتـد در دیودهای کم توان با یک حلقه‌ی رنگی روی محفظه مشـخص می‌شـود، جالب اسـت بدانیم که برخـی تولیدکنندگان، آند را با این علامت مشـخص می‌کنند. بنابراین بهترین ارزیابی به کمک یک مولتی‌متر است. دیودهای پرتوان، با یک کندکاری روی محفظه مشخص می‌شوند. اگر محفظه دیود، فلزی است، کاتد، در واقع همان محفظه است و آند جداگانه از محفظه خارج می‌شود.

## شناسایی دیودها

در علامت‌گذاری اروپایی، از دو یا سه حرف و تعدادی ارقام استفاده می‌شود. حرف اول نشان‌دهنده ماده‌ی به کار رفته در تولید قطعه اسـت (A برای ژرمانیوم و B برای سـیلیکون) یا چنان‌چه از حرف Z اسـتفاده شـود، معنای آن دیود Zener اسـت. حروف دوّم و سـوم برای معرفی نوع و عملکرد دیود مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از علائم دیگر را نیز مورد بررسی قرار می‌دهیم:

**A-** بـرای دیودهای کم‌توان مثـل AA۱۱۳، AA۱۱۲، AA۱۱۱ و غیره... که در کاوشـگر گیرنده رادیویی استفاده می‌شوند. BA۱۲۵، BA۱۲۴، که دیودهای Varicap هستند که به جای خازن‌های متغیّر در گیرنده‌ها، نوسان‌سـازها و غیره اسـتفاده می‌شـوند. BAY۸۰، BAY۹۳ و غیره، که دیودهای سوئیچی‌اند و در وسایلی با مدارهای خاص، مصرف دارند. BA۱۵۸، BA۴۵۷ و غیره که دیودهای سوئیچی با دوره بازگشت کوتاه‌اند.

**B-** دیودهای دو ظرفیتی (Varicap) با محفظه مشترک مثل BB۱۰۴ و BB۱۰۵ و...

**Y-** دیودهـای تنظیمی مثل BY۲۴۴، BY۲۴۳، BY۲۴۰ و... که ایـن دیودهای تنظیمی معمولاً محفظه پلاسـتیکی دارند و حداکثر جریان برای آن‌ها ۰/۸A اسـت. چنان‌چه حرف سوم هم Y بود، دیود در جریان‌های بالاتر هم کاربرد دارد. برای مثال BYY۴۴ دیودی است که حداکثر جریان برای آن ۱A است.

اگر در دیود Zener حرف دوّم Y باشـد (ZY۱۰، ZY۳۰) بدین معنی اسـت که دیود در شـدت جریان‌های بالاتر هم کار می‌کند. F، G یا PD، هر دو برای نشان دادن درجه استقامت دیودهای Zener به کار می‌روند.

مثال: ZF۱۲ (۵٪ استقامت) ZG۱۸ (۱۰٪ استقامت) ZPD۹/۱ (۵٪ استقامت)

سـومین حرف به معنای یک مشـخصه خاص اسـت (به طور مثال شـدت جریان بالا). در علامت‌گذاری آمریکایـی، از پیشـوند ۱N و ارقـام بعد از آن اسـتفاده می‌کننـد: ۱N۴۰۰۱ (دیود تنظیمـی) ۱N۴۴۴۹ (دیود سوئیچی) و...

علامت‌گذاری ژاپنی مشـابه روش آمریکایی است با این تفاوت که به جای حرف لاتین N، حرف S به کار برده می‌شود: ۱S۲۴۱ مثالی از این روش است.

---

۱- *Transmitter – Receiver = Transceivers*

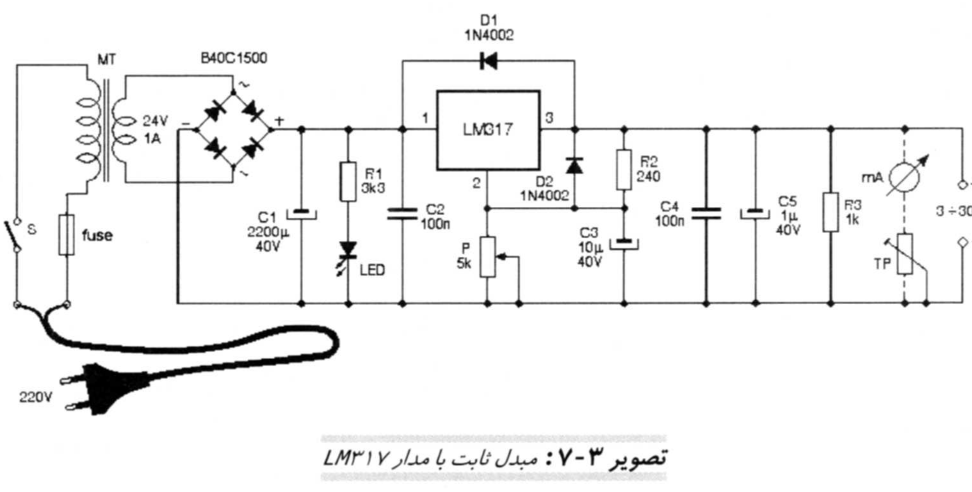
## مشخصه‌های دیودها

مهم‌ترین مشخصه در استفاده از دیودها که حتماً باید مدنظر قرار گیرد، حداکثر شدت جریان در جهت مثبت جریـان ($I_F$ max) و حداکثـر ولتاژ مدار در جهت عکس جریان ($V_R$ max) اسـت. شـاخصه مهم در دیودهای Zener، ولتاژ Zener (به پاورقی صفحات گذشته، توضیح دیود Zener رجوع شود) شدت جریان Zener($I_Z$) و حداکثـر توان اتلافی ($P_D$) اسـت. در کار کردن با دیودهای خازنی، دانسـتن حداقل و حداکثر ظرفیت خازنی آن‌ها و هم‌چنین ولتاژی از مدار DC که در آن این ظرفیت‌ها کار می‌کنند، مهم است.

در LEDها دانسـتن حداکثر شـدت جریان سازگار با دیود باید مدنظر قرار گیرد. ولتاژ موردنظر در مدار دیود LED به رنگ آن بسـتگی دارد و از ۱/۷V برای رنگ قرمز تا ۲/۴V برای رنگ سـبز و آبی متغیر اسـت. شدت جریان مورد نیاز، از ۱mA (مورد نیاز برای حداقل درخشش) تا ۴۰mA می‌تواند متغیر باشد. LEDهای پر نور یا LEDهای قدرت‌مند ممکن اسـت نیازمند شـدت جریانی معادل ۱amp یا بیش‌تر باشد. هرگونه بی‌دقتی در تعیین میزان شدت جریان مناسب برای LED و یا انتخاب مقاومت نابجا (در جهت جریان، برای کاهش جریان ورودی به دیود) می‌تواند باعث شـارش بیش از حد جریان به سـمت دیود شده و فوراً دیود را از کار بی‌اندازد. در فصـول آینـده، میزان این مقاومت‌هـا را به تفصیل توضیح خواهیم داد. همان‌طور که در فصل گذشـته به نماد ترانزیسـتورهای جهانی TUN و TUP اشـاره کردیـم، دیودها هم دو نماد جهانی دارنـد که به صورت DUS (سـیلیکونی) DUG (ژرمانیومی) در دیاگرام مدارها استفاده می‌شوند. (Diode Universal Germanium) DUG(Diode Universal Silicon)/ DUS

## مثال‌های عملی با دیودها

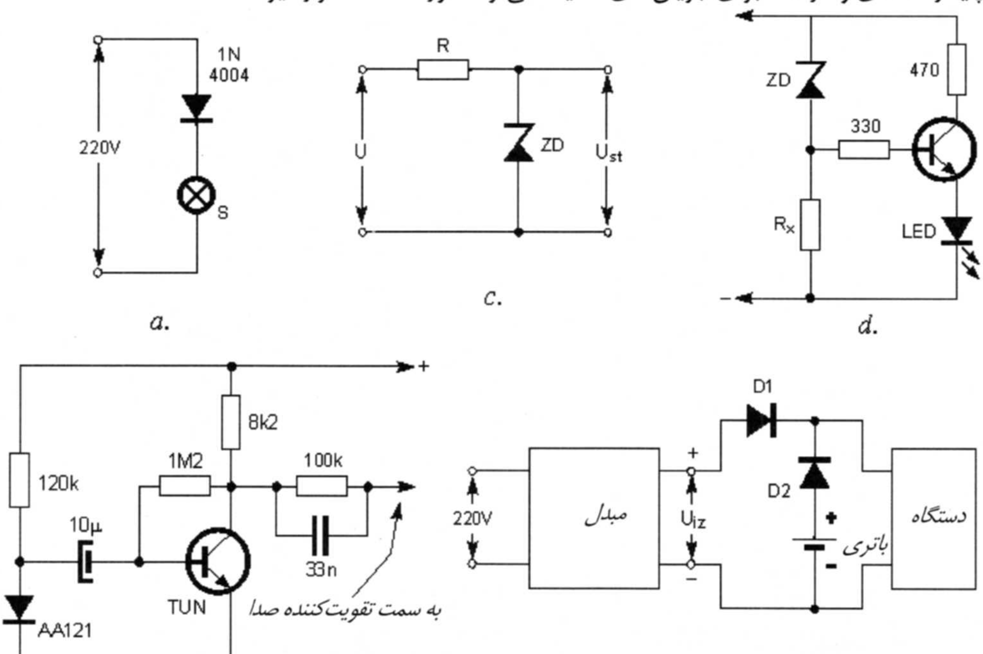
دیاگرام ترسـیم شـده در تصویر زیر، منبع تغذیه‌ای را نشـان می‌دهد که در آن از دیودهای زیادی استفاده شده است.




**تصویر ۳-۷ :** *مبدل ثابت با مدار LM۳۱۷*

چهار دیود اول در پکیجی مشــترک قرار دارند که با نماد B۴۰C۱۵۰۰ مشخص می‌شوند. این پکیج ۴تایی نمونه‌ای از دیود یکسوگر ۴گانه (Bridge Rectifier) است (به زیرنویس صفحات قبل رجوع کنید). LED در مدار، نشــان‌دهنده‌ی عملکرد مبدل اســت. مقاومت R۱ برای محدود کردن شدت جریان ورودی LED تعبیه شــده و میزان درخشــش LED نیز میزان حدودی ولتاژ مدار را به نمایش می‌گذارد. دیودهای ۱N۴۰۰۲ جهت محافظت از کل مدار، تعبیه شده‌اند.

در تصویــر ۴-۷ نمونه‌های دیگری از دیودها را می‌بینید، طول عمر مفید کره‌ی درخشــنده، با افزودن یک دیــود (مطابق تصویر ۷-۴a) می‌تواند افزایش یابد. به ســادگی می‌توان با اتصال کره به صورت ســری، میزان جریان عبوری از آن را نصف کرده و زمان قطع شدن آن را افزایش داد که در این صورت درخشش آن کم‌تر شده و نور، زرد رنگ می‌شــود. دیود موردنظر باید ولتاژ معکوســی برابر ۴۰۰V و شدت جریانی بالاتر از شدت جریان مورد نیاز کره داشــته باشــد. دیودهای ۱N۴۰۰۴ و یا BY۲۴۴ می‌تواند مناسب باشد. مطابق تصویر ۷-۴C یک پایدار کننده‌ی ولتاژ DC برای جریان‌های ضعیف می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.




**تصویر ۴-۷:** *a. استفاده از دیود جهت افزایش طول عمر لامپ b. نشان‌گر LED با نور منقطع [۱] c. ثبات‌گر ولتاژ [۲] d. نشان‌گر تغییر ولتاژ e. سنتی سایزر پارازیت ممتد f. منبع تغذیه یدکی*

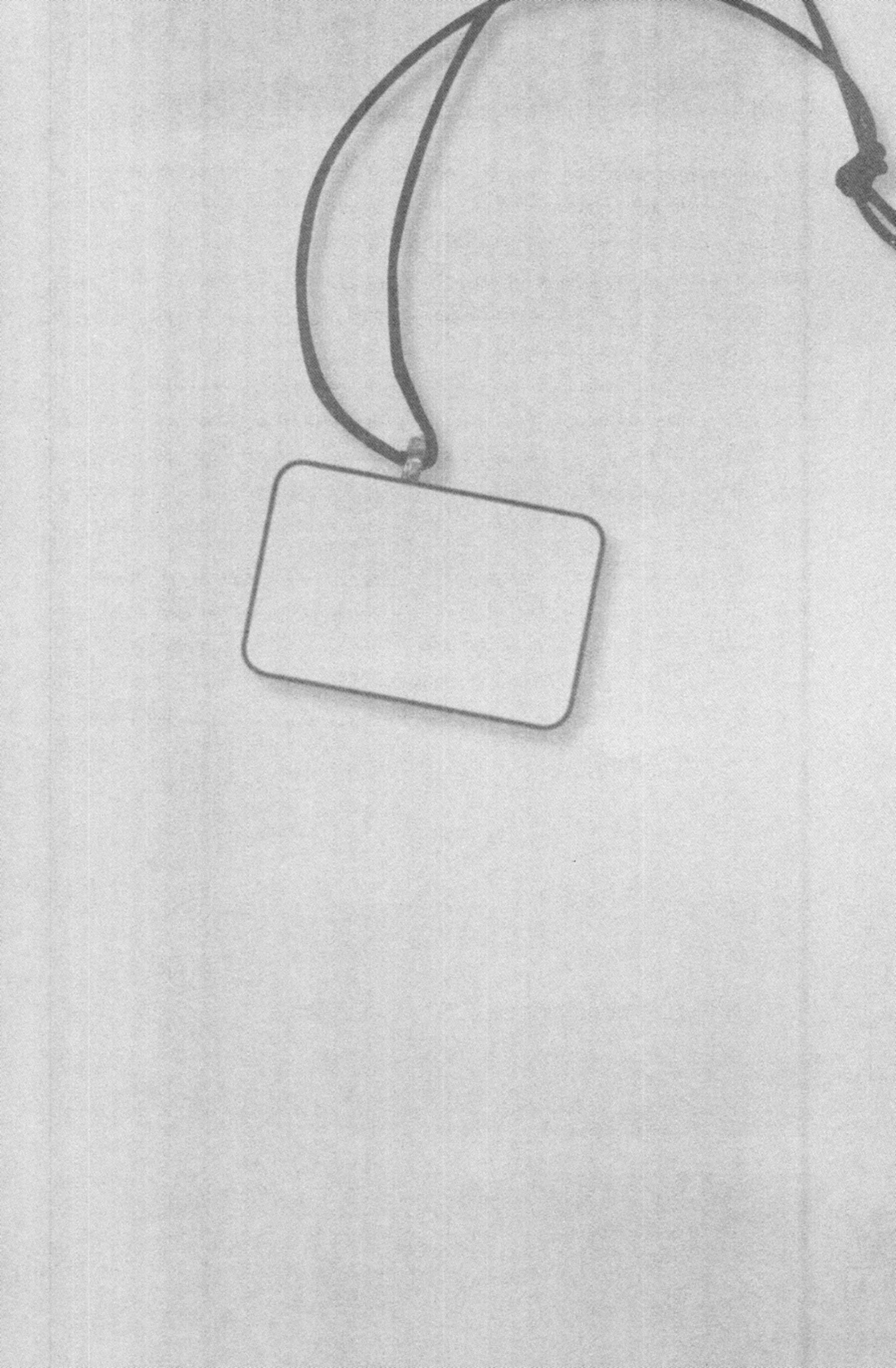
ولتاژ ناپایدار با «U» و ولتاژ پایدار با نماد «UST» نشــان داده می‌شــود. ولتاژ در دیودهای Zener برابر UST

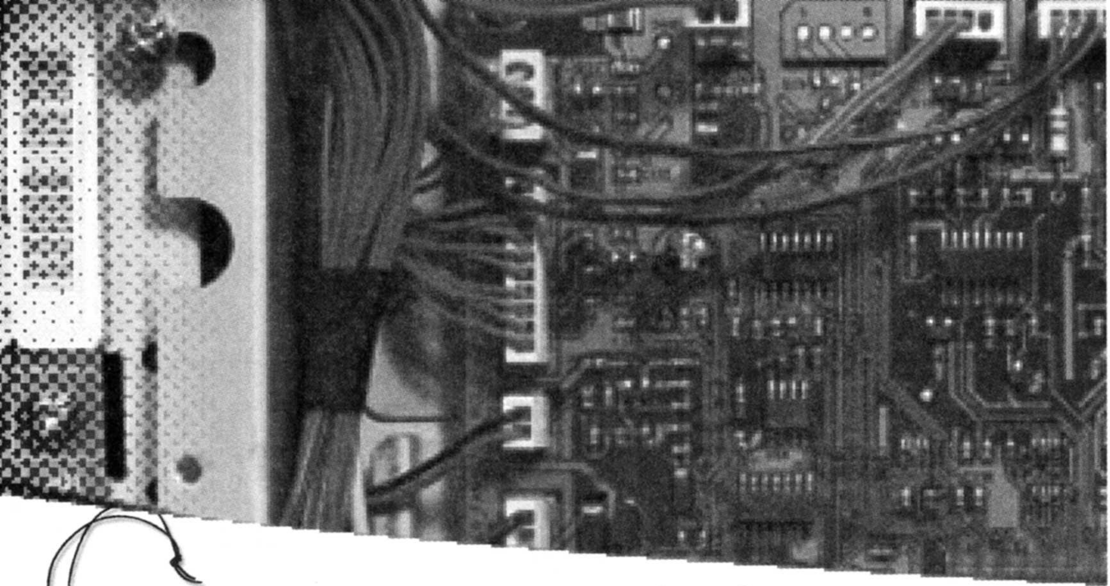
۱- Stair- light LED
۲- Voltage Stabilizer

است، بنابراین چنان‌چه ولتاژ پایداری معادل ۹V بخواهیم، از یک دیود ZPD۹٫۱ استفاده خواهیم کرد. اگرچه استفاده از این پایدار کننده، اساساً بر ساختار طراحی خیلی از منابع تغذیه موجود، منطبق نیست.

هم‌چنین می‌توان مطابق تصویر ۷-۴d یک نمایشگر افزایش ولتاژ را پیشنهاد داد. در ساختار آن یک LED وجود دارد که هنگامی کـه ولتاژ از مقداری خاص تجاوز می‌کند، آنرا به نمایـش می‌گذارد. هر وقت ولتاژ مدار پایین‌تـر از میـزان ولتاژ مورد نیاز برای کارکرد دیود Zener اسـت، دیود Zener مثـل یک مقاومت قوی رفتار می‌کند، بنابراین ولتاژ DC در پایه‌ی ترانزیستور بسیار پایین خواهد بود و ترانزیستور روشن نخواهد شد. هرگاه ولتـاژ تا سـرحد ولتاژ مورد نیاز جهت عملکرد دیود Zener بـالا رود، مقاومت دیود Zener تقلیل پیدا کرده، در نتیجه ولتاژ DC در پایه ترانزیسـتور افزایش یافته و ترانزیسـتور روشن می‌شـود تا چراغ LED را روشن سازد. در این مثال از یک دیود ۶V اسـتفاده شـده است، بدین معنا که هرگاه ولتاژ به سر حد ۶V برسد، LED روشن خواهد شد. طبیعتاً می‌توان دیودهای دیگر این ولتاژ را به دلخواه تغییر داد. میزان درخشش و زمان دقیق روشن شدن LED، می‌تواند با میزان Rx تنظیم شود.

تصویر ۷-۴e، یک مدار تولید کننده‌ی پارازیت را به نمایش می‌گذارد که صدایی شبیه به باران تولید می‌کند. جریان DC شـارش یافته در دیود AA۱۲۱ ثابت نیسـت و این امر صدای پارازیـت مانندی را ایجاد می‌کند که توسط ترانزیستور تقویت شده (ترانزیستور NPN) و به سمت یک فیلتر هدایت می‌شود. (مدار مقاومت- خازن بـا میزان‌های ۳۳nF و ۱۰۰K). تصویر ۷-۴f یک مدار باتـری یدک را به نمایش می‌گذارد. در مواقعی که منبع تغذیه درست عمل نمی‌کند، باتری کمکی وارد عمل می‌شود.





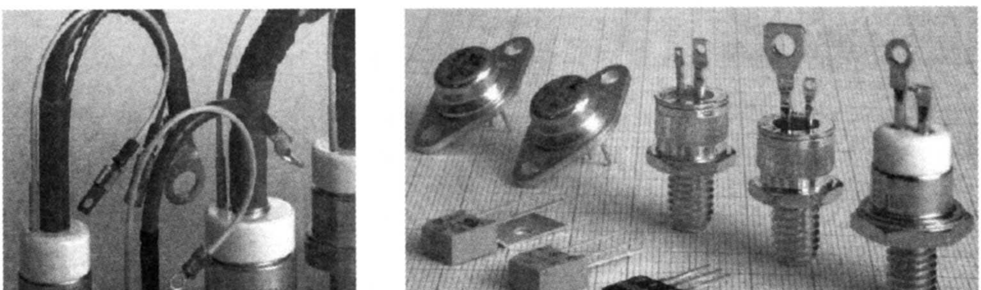


# فصل هشتم

## تریستورها[1]، ترایاک‌ها[2] و دایاک‌ها[3]

### مقدمه

انواعی از تریستورها در تصویر ۱-۸ به نمایش درآمده‌اند. ترایاک‌ها همگی ظاهری مشابه داشته و دایاک‌ها ظاهری مشــابه دیودهای یک ســو کننده برق را دارند. نمادها و شکل شماتیک آن‌ها در تصویر ۲-۸ به نمایش درآمده است.



**تصویر ۱-۸:** *انواعی از تریستورها و ترایاک‌ها*

---

۱- *Thyristors*

۲- *Triacs = Triode In Alternating Currents*

۳- *Diacs = Diode In Alternating Currents*؛ *دیود مورد استفاده در جریان متغیر [مترجم].*

تریســتور در حقیقت یک دیود پیشــرفته است. علاوه بر آند (A) و کاتد (K)، خروجی دیگری نیز دارد که با نام درگاه[1] (G) شناخته میشود. (تصویر ۸-۲a)

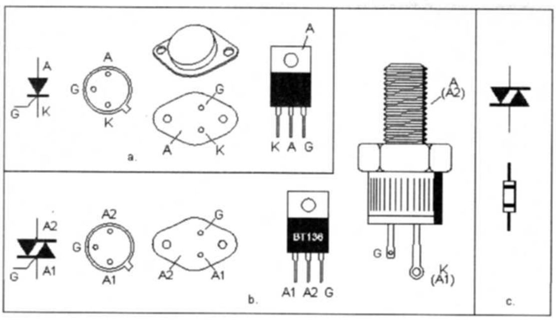
همانند دیود، تریســتورها هم زمانی کار می‌کنند که پتانسیل آند از کاتد، مثبت‌تر باشد؛ علاوه بر این، ولتاژ درگاه نیز باید الزاماً مثبت باشــد و میزان جریان عبوری از آن نیز به حد کافی برسـد. وجود جریان در درگاه، به تنهایی کافی نیســت به طوری که چنان‌چه جریان آند و کاتد را قطع کنیم و جریان درگاه برقرار باشـد، تریستور خاموش خواهد شـد. به طور مثال به تصویر ۳-۸ رجوع کنید: چنان‌چه S1 مســدود شـود، تریســتور جریانی را هدایت نکرده و لامپ روشــن نخواهد شـد، اما در صورت بسته‌شــدن S2 برای لحظاتی کوتاه، لامپ روشــن می‌شود. برای خاموش کردن لامپ، S1 باید باز باشد.

در برخی مدارها تریستورها را با SCR نشان می‌دهند که معادل (Silicon Controlled Rectifier) است.

ترایاک‌ها نیز بســیار مشابه تریستورها هســتند با این تفاوت که می‌توانند در هر دو جهت مثبت و معکوس، جریــان را عبور دهند. ترایاک، ســه الکترود آند ۱ (A1)، آنــد۲ (A2) و درگاه (G) دارد. مورد مصرف ترایاک‌ها در تنظیم کردن مدارهای با جریان متغیر اســت. دســتگاه‌هایی مثل دریل‌های دســتی و کره‌های منور توســط ترایاک‌ها کنترل می‌شوند.

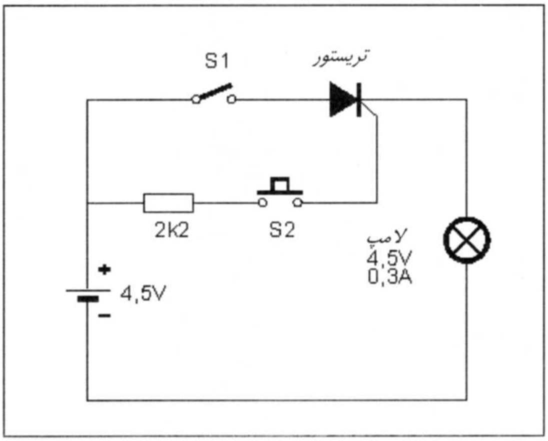
تریســتورها و ترایاک‌ها نیز توسط حروف و ارقام نشــانه‌گذاری می‌شوند، به طور مثال: KT۴۳۰ محفظه‌ی تریســتورها و ترایاک‌های کم‌توان، مشــابه محفظه ترانزیستورهاســت اما در مورد انواع پرتوان، پوشش کاملاً متفاوت اســت. در تصویر ۱-۸ نمونه‌هایی از آن‌ها به نمایش درآمده است. در تصویر ۸-۲a,b، خارهای اتصالی تعدادی از تریستورها و ترایاک‌های معمول نیز به نمایش درآمده است.

دایاک‌ها (۸-۲c) دیودهای دو طرفه‌اند و همان‌طور که ذکر کردیم، معمولاً در کنار تریســتورها و ترایاک‌ها مــورد اســتفاده قرار می‌گیرند. ویژگی اصلی آن‌ها این اســت که تا زمانی که ولتــاژ از حدی خاص در مدار تجاوز کرده باشد، مقاومت بسیار بالایی از خود نشان می‌دهند. چنان‌چه میزان ولتاژ زیر سر حد ولتاژ تعیین شده باشد، مقاومت بالا خواهد بود و به محض عبور ولتاژ از سر حد تعیین شده، مقاوت کاهش می‌یابد.




**تصویر ۲-۸:** *نمادها و پایه‌های اتصال در تریستورها (a)، ترایاک‌ها (b) و دایاک (C)*

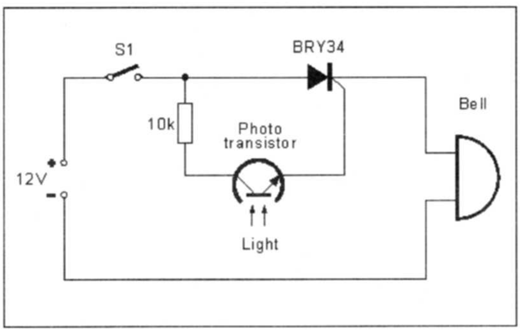
۱- Gate Lead




**تصویر ۳-۸:** *نحوه عملکرد تریستور*

## مثال‌های عملی با ترسیتور، ترایاک، دیاک

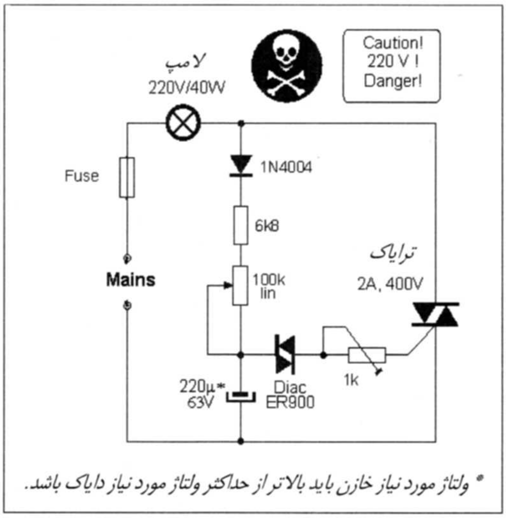
در تصویر ۵-۸ مداری را مشاهده می‌کنید که وجود نور را تشخیص می‌دهد. در تاریکی، ترانزیستور حساس بـه نور جریان را عبور نمی‌دهد و در حضور نور ترانزیسـتور جریان را عبـور داده و زنگ خطر به صدا در می‌آید. خاموش کردن منبع نور، زنگ را خاموش نمی‌کند و زنگ تنها با خاموش کردن کلید S1 از کار خواهد افتاد.




**تصویر ۴-۸:** *دستگاه هشدار دهنده که در آن از ترانزیستور و ترانزیستور نوری، استفاده شده است.*

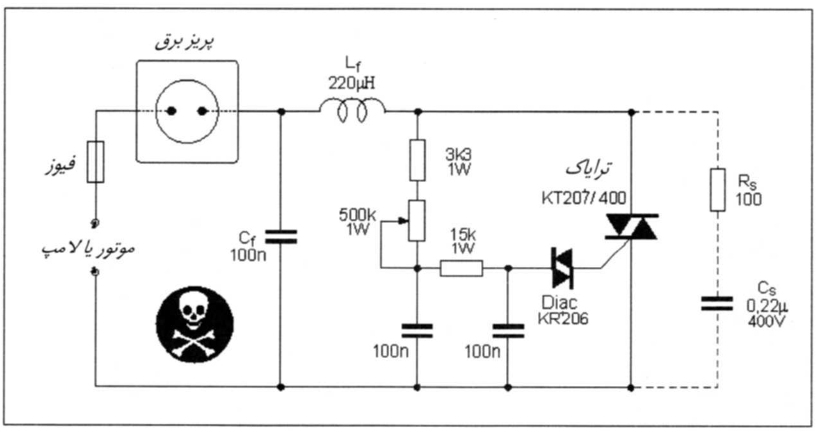
در تصویـر ۵-۸، مـدار مربوط به یک فلشـر را مشـاهده می‌کنید. این مدار، یک لامـپ ۴۰w را چندین بار در ثانیه روشـن و خاموش می‌کند. ولتاژ ورودی به مدار با دیود 1N4004 تنظیم می‌شـود. خازن ۲۲۰μ شـارژ شـده و ولتاژ آن افزایش می‌یابد، هرگاه این ولتاژ به سـر حد ولتاژ تنظیم شده برای دایاک (۲۰V) نزدیک شود، ولتاژ خازن به سـمت دایاک و ترایاک تخلیه می‌شـود، این فرآیند ترایاک را روشـن کرده و موجب روشن شدن لامپ در کسـری از ثانیه می‌شـود پس از آن کسری از ثانیه استراحت (با پتانسیل‌سنج ۱۰۰K تنظیم می‌شود)،

خازن مجدداً شارژ شده و چرخه از سر گرفته می‌شود. پتانسیل‌سنج قابل تنظیم (۱K) میزان جریان لازم جهت تحریک ترایاک را تنظیم می‌کند.



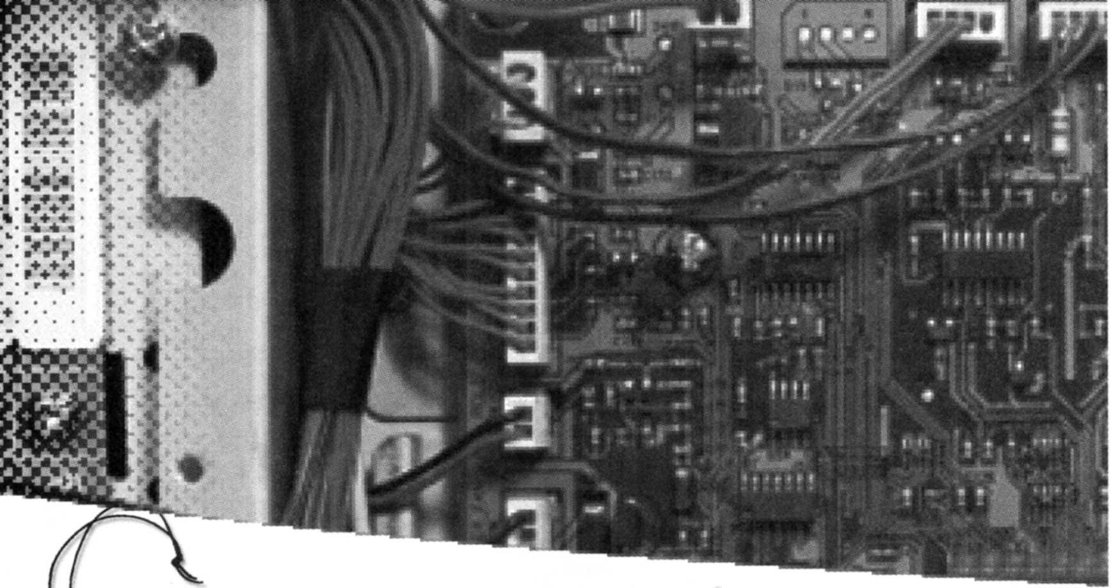

**تصویر ۵-۸:** *فلاشر*

در تصویر ۶-۸، مداری را مشـاهده می‌کنید که کاربرد آن تنظیم میزان روشـنایی لامپ یا سـرعت گردش موتور است.




**تصویر : ۶-۸ کنترل** *کننده‌ی شدت نور لامپ یا سرعت گردش موتور*

چنان‌چه هدف از ساخت مدار بالا کنترل میزان درخشش نور لامپ باشد، وجود Rs و Cs ضرورتی نخواهد داشت.



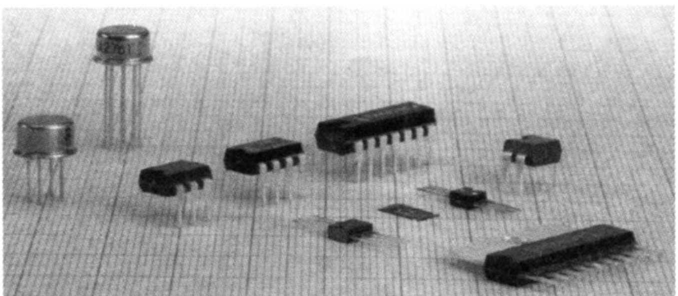


# فصل نهم

## مدارهای مختلط (IC)

### مقدمه

این مدارها در الکترونیک نقش مهمی ایفا می‌کنند، IC[۱]ها بیش‌تر جهت مصارف خاصی ساخته می‌شوند و شامل هزاران ترانزیستور، دیود و مقاومت‌اند. ICهای خاص مانند تقویت‌کننده (Amplifier) صدا، رادیوهای FM، لجیـک بلاک‌ها[۲]، تنظیم‌گرها و حتـی میکروکامپیوترها (به صورت میکروکنترلر کار می‌کنند) می‌توانند در یک پکیج بسیار نازک جای داده شوند.



**تصویر ۱-۹:** *مدارهای IC*

بسـته به طـرز تهیه ICها، می‌توان آن‌هـا را به دو گروه هیبریـد[۳] و مونولیتیک[۴] تقسـیم کرد. مدارهای

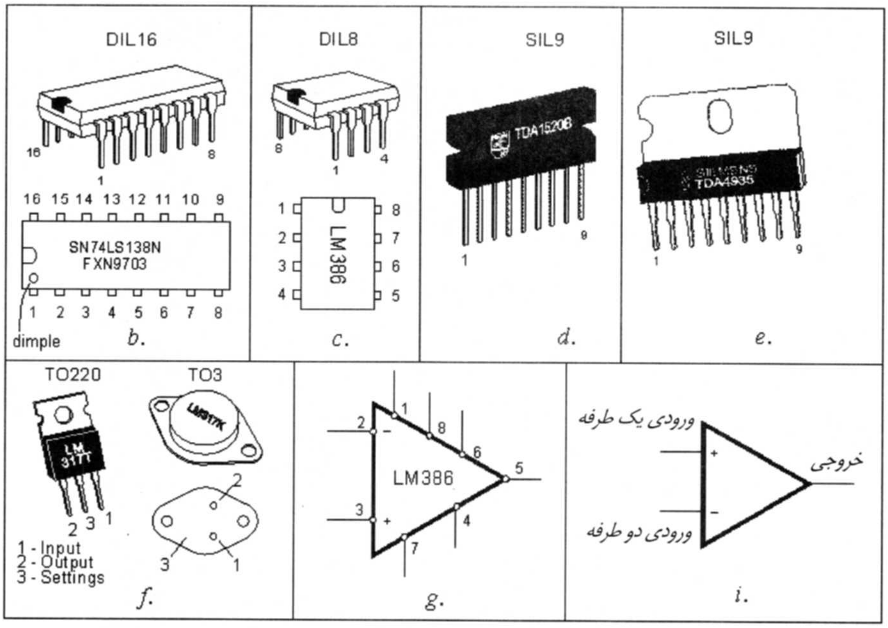
۱- *Integrated Circuits = IC*

۲- *Logic blocks*

۳- *Hybrid*

۴- *Monolithic*

مختلـط هبیرید (HIC) مدارهای الکترونیکی در ابعاد مینیاتوری هسـتند کـه از قطعات مختلفی چون قطعات نیمه‌رسانا (ترانزیستورها و دیودها) و قطعات متفاوت دیگر (مقاومت‌ها، اندا‌کتورها، مبدل‌ها و خازن‌ها) ساخته می‌شـوند. HICها معمولاً در محفظه‌های اپوکسـی[1]، جای داده می‌شـوند. تفاوت اصلی HICها با ICهای مونولیتیک در نحوه‌ی ساخت آن‌هاست. مزیت اصلی HIC نسبت به نوع مونولیتیک، امکان نصب خازن‌های ظرفیت بالا، کریستال‌ها و قطعات پیچیده است.




**تصویر ۲-۹ :** *نمایش اتصالات و نمادهای مورد استفاده برای ICهای رایج*

بیش‌تـر ICها، به صورت DIL ارائه می‌شـوند بدیـن معنا که دو ردیف خارهای خروجـی دارند. در تصویر ۹-۲b و ۹-۲c، نمونه‌هایـی از DIL۸ و DIL۱۶ را مشـاهده می‌کنید. در نمای شـماتیک قطعه را از نمای بالا، بررسی کرده و شماره‌گذاری پین‌ها خلاف جهت گردش عقربه‌های ساعت خواهد بود.

ICهـای پرتوان، حـرارت بالایی تولید می‌کنند از این رو برچسـب‌های فلزی دارند کـه با اتصال به جذب کننده‌های گرما، میزان آن را تقلیل می‌دهند. نمونه‌هایی از ICهای پرتوان را در تصاویر ۹-۲d، ۹-۲e و۹-۲f، مشـاهده می‌کنید. نمادهای مورد اسـتفاده برای ICها را در تصاویر ۹-۲g و ۹-۲i مشـاهده می‌کنید، نمادهای ۹-۲g بیش‌تر برای نمایش تقویت‌کننده‌ها به کار برده می‌شوند.

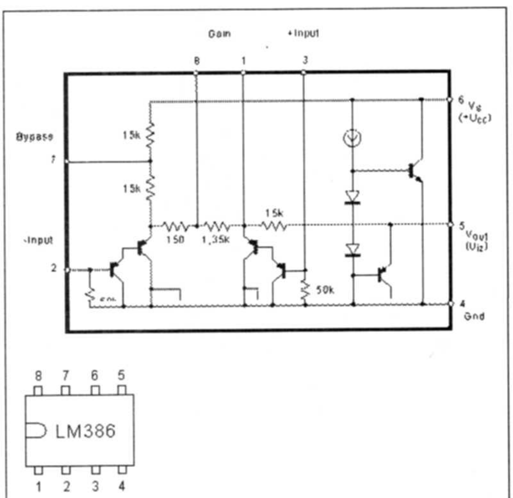
تصویـر ۹-۲i یـک آمپلی‌فایر را به نمایش می‌گذارد. علائـم + و − به ترتیب دهنده‌ی ورودی‌های دوطرفه و یک طرفه اسـت. سیگنالی که قرار است تقویت شود به سمت ورودی‌ها و زمینه مدار هدایت می‌شود. (زمینه مدار و منبع تغذیه در این تصویر مشاهده نمی‌شوند، اما وجود هر دو آن‌ها طبیعتاً در مدار ضروری است).

مدارهای IC به دو دسته دیگر نیز قابل تقسیم هستند: ICهای آنالوگ (خطی) و ICهای دیجیتال. ولتاژ خروجی مدارهای آنالوگ، پیوسته است و تابع تغییرات ورودی خواهد بود. آمپلی‌فایر مختلط صدا، نوعی IC آنالوگ به شمار می‌رود. هنگامی که سیگنالی از یک میکروفن، به ورودی وصل می‌شود، ولتاژ خروجی، هم گام با ولتاژ ورودی، تغییر خواهد کرد. همان‌طور که در نوسان‌سنج (Oscilloscope) می‌توان دید، سیگنال خروجی درست مانند سیگنال ورودی تغییر خواهد کرد با این تفاوت که بسته به میزان مورد نیاز جهت تقویت صوت، ولتاژ خروجی نیز دست خوش تغییر خواهد شد.

در ICهای دیجیتال شرایط متفاوت است. ولتاژ خروجی در آن‌ها ممتد و پیوسته نیست. این ولتاژ ممکن است پایین‌تر یا بالاتر باشد که این تغییرات، از حالتی به حالت دیگر مکرراً رخ خواهد داد.

## ICهای آنالوگ

در بررسی ICهای آنالوگ، نگاهی به IC(LM۳۸۶) می‌اندازیم. در این IC تمام قطعات موردنیاز جهت تقویت صوت وجود دارند. در تصویر ۹-۳a نمونه‌ای از آمپلی‌فایر ساخته شده با این IC را مشاهده می‌کنید. مدار موردنظر می‌تواند به عنوان یک آمپلی‌فایر در یک واکمن، ضبط، کاست و... مورد استفاده قرار گیرد.




**تصویر ۹-۳a:** *آمپلی‌فایر فرکانس ضعیف که در آن LM۳۸۶،IC به کار رفته است.*

سیگنال به ورودی یک طرفه ارائه می‌شود (بین پین ۳ و زمینه مدار). ورودی دو طرفه، به زمینه مدار وصل می‌شود. اگر خازن ۱۰μF، بین پین‌های ۱ و ۸ قرار داده شود، ولتاژ موردنظر ۲۰۰ واحد تقویت خواهد شد. اگر این خازن را برداریم، میزان تقویت به ۲۰ تقلیل خواهد یافت.

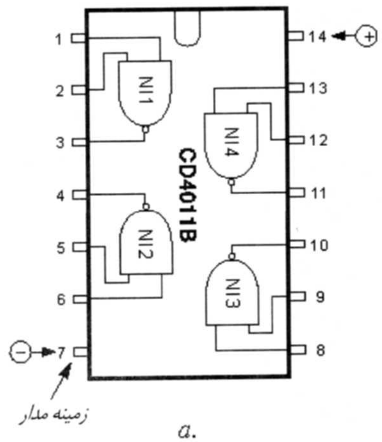
یکی از قطعات حیاتی در این مدار، خازن ۱۰۰nF است که بین پین شماره ۶ (که به قطب مثبت منبع تغذیه متصل می‌شود) و زمینه مدار قرار می‌گیرد. خازن باید سرامیکی باشد و تا آنجا که ممکن است به نزدیک IC متصل گردد. این اقدام در کار با ICها، معمول است؛ حتی اگر در دیاگرام مدارها هم مشاهده نشود، اتصال یک خازن بین قطب‌های + و − ولتاژ را پایدار ساخته و از بروز تلاطم و پدیده‌ای به نام (ناپایداری یا در هم ریختگی) جلوگیری می‌کند. علت وقوع این پدیده، مقاومت القایی منبع تغذیه است که در پی ارائه جریان به IC، عملکرد آن را با اختلال مواجه می‌سازد.

## مدارهای IC دیجیتال

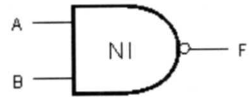
با توضیح در مورد زوایای مدار CD۴۰۱۱ سعی می‌کنیم خصوصیت مدارهای IC دیجیتال را به شما توضیح دهیم. اتصالات در تصویر ۹-۴a به نمایش درآمده‌اند. به برش نیم‌دایره‌ای در یک طرف IC توجه کنید، اینجا محل پین شماره ۱ است. پین‌های ۷ و ۱۴ به منبع تغذیه مدار وصل می‌شوند. سر منفی به پین شماره ۷ و سر مثبت به پین شماره ۱۴ وصل می‌شود.

چهار درگاه NAND هوشمند در CD۴۰۱۱ ،IC قرار گرفته، که هر کدام دو ورودی و یک خروجی دارند. در درگاه N1، ورودی‌ها، پین‌های شماره ۱ و ۲ هستند و خروجی، پین شماره ۳ است. نماد درگاه NAND در تصویر ۹-۴b به نمایش درآمده است. ورودی‌ها با A و B و خروجی با F نشان داده شده‌اند. ولتاژ منبع تغذیه می‌تواند از ۵ تا ۱۶ ولت، متغیر باشد. خروجی آن می‌تواند ۱۰mA به ازای ۱۲V باشد که هرچه ولتاژ منبع کاهش یابد، میزان آن نیز تحت تأثیر قرار خواهد گرفت.

تصویر ۹-۴b، روابط اعداد را در درگاه NAND به نمایش می‌گذارد. در این جدول، ولتاژ خروجی (ولتاژ بین F و زمینه مدار) را در حالت‌های مختلف میزان ورودی مشاهده می‌کنید. همان‌طور که در خط دوّم جدول می‌بینید، وقتی هر دو ورودی صفر باشند، خروجی عدد ۱ است. در ردیف سوم هم می‌بینید که چنان‌چه ورودی اول ۱ و دیگری صفر باشد، خروجی ۱ خواهد بود. و همان‌طور که در ردیف پنجم می‌بینید در حالتی که هر دو ورودی ۱ باشند، خروجی درگاه NAND صفر خواهد بود.




a.

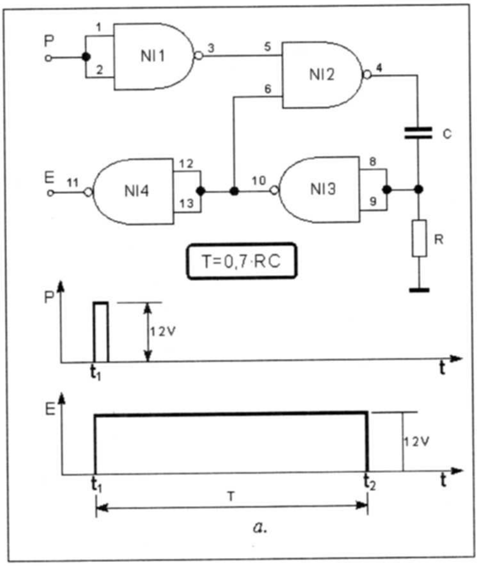



| A | B | F |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

b.

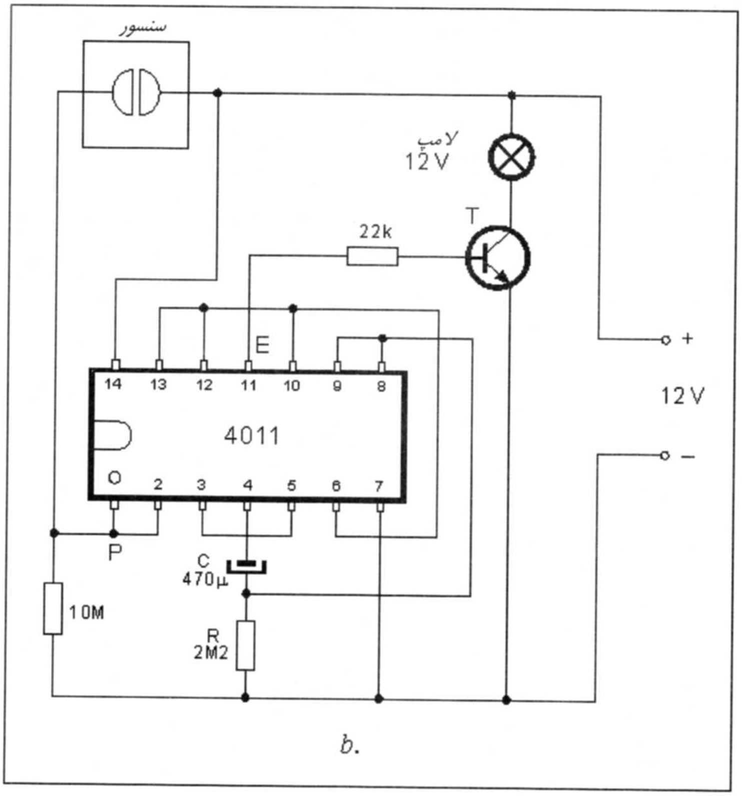
**تصویر ۴-۹:** *a. محل قرارگیری اتصالات - b. نماد و جدول تغییرات درگاه‌های NAND.*

مدارهــای منطقی، کاربردهای بســیاری دارند، امــا مصرف اصلی آن‌ها در مدارهای کامپیوتری اســت. در مدار زیر، چگونگی عملکرد درگاه‌ها، جهت روشن کردن یک چراغ در صورت اتصال انگشت به یک صفحه‌ی حســاس به لمس را به نمایش می‌گذارد. با توجه به مقادیر مقاومت‌های ۴۷۰u و ۲M۲ در مدار، زمان خاموش شدن لامپ پس از لمس، تعیین می‌شود.




**تصویر ۵-۹:** *شیوه عملکرد یک درگاه NAND*

به شیوه عملکرد مدار بالا (تصویر ۵-۹) نگاهی می‌اندازیم: هر دو ورودی NI۱، به یکدیگر متصل شده‌اند، بنابراین هرگاه ورودی P بالاست، خروجی صفر است. دستور صفر به ورودی NI۲ منتقل می‌شود. بنابراین بدون توجه به ورودی ۶، خروجی ۴، عدد ۱ خواهد بود. این مسئله بدین معناست که ولتاژ بین زمینه مدار و پین ۴، برابر ۱۲V است.




**تصویر ۶-۹:** *سوئیچ سنسور که در آن ICی ۴۰۱۱ به کار برده شده است.*

هنگامی که جریان در خازن C و مقاومت R شارش می‌کند وضعیت خازن تغییر می‌کند. هر خازن شارژ نشده، درست مثل یک مدار کوچک رفتار می‌کند. به همین دلیل وقتی ولتاژ ۱۲V به پین ۴ می‌رسد، هم زمان به سمت مقاومت R، پین ۸ و پین ۹ نیز حرکت خواهد کرد.

پین شماره‌ی ۱۰ بدلیل اتصال به پین ۶، خروجی صفر را ارائه می‌دهد. از اینجا به بعد خروجی صفر در پین شماره ۵، دیگر مورد استفاده نیست، چرا که صفر بودن یکی از پین‌ها جهت بدست آوردن خروجی ۱ کافی خواهد بود. بنابراین ورودی P نیز مورد استفاده قرار نخواهد گرفت. درگاه‌های NI۲ و NI۳، خروجی صفر را در پین شماره‌ی ۴ ایجاد خواهند کرد. این فرآیند تا چه مدت ادامه خواهد یافت؟ پاسخ آن است که طول مدت آن به ظرفیت خازن و مقاومت، بستگی خواهد داشت. به محض شارژ شدن خازن، ولتاژ افت می‌کند و هنگامی

که ولتاژ آن به نصف ولتاژ تولیدی منبع تغذیه مدار (در این مورد ۶V) رسـید، NI۳، کاهش تعداد ورودی‌ها را تشخیص داده و در پین ۱۰، خروجی را خواهیم داشت. بدلیل آن که دستور ۱ حالا در ورودی ۵ قرار دارد (هیچ دستور ۱ ای روی P قرار ندارند) و در ورودی ۶، خروجی ۴، دستور صفر است. خازن، بار خود را در دیودها (در ورودی‌های پین ۸ و ۹) تخلیه کرده و مدار، چرخه را از سر می‌گیرد.

همان‌طور که دیدیم، در بازه‌ی زمانی خاصی (که برابر ۰/۷×RC اسـت) خروجی پین شـماره ۱۰، دسـتور صفر بود. در طی آن زمان، خروجی E (پین ۱۱) دستور ۱ است.

بـرای مثـال: چنان‌چه R= ۲M۲ و C= ۴۷μF برای مـدت زمان $T = ۲/۲ \times ۱۰^{۶} \times ۴۷ \times ۱۰^{-۶} = ۹۴$ s پس از ارسال اولین پالس به ثبت رسیده در ورودی P، ولتاژ خروجی E، ۱۲V خواهد بود.

نتیجه نهایی آزمایش مورد بحث، در دیاگرام ۹-۶a به نمایش درآمده است. پالس‌های کوتاه و مثبت بوجود آمده در P، در زمان $t_1$ یک پالس متغیر طولانی‌تر در خروجی E را ایجاد می‌کند. تصویر شماتیک ۹-۶b مداری را به نمایش می‌گذارد که به کمک آن می‌توانیم یک لامپ را با اسـتفاده از ۴ درگاه NAND متصل به هم (به صورت ۹-۶a) روشن کنیم.

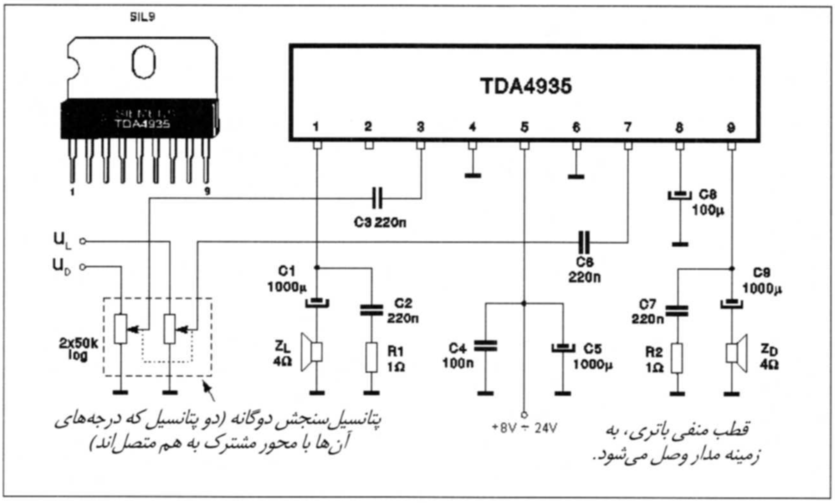
سنسـور مدار، دو صفحه‌ی مسـی (یا هر رسانای دیگر) است که به برخی مواد نارسانای دیگر (پلاستیک، چوب و...) چسب می‌شوند. بنابراین وقتی با نوک انگشت سنسور را لمس کنیم، مدار را از کار می‌اندازیم. ولتاژ ۱۲V در ورودی P ظاهر می‌شـود، که در نتیجه آن، ولتاژ به خروجی E هدایت خواهد شـد. مقاومت R=۲۲K جریان پایه را هدایت کرده و لامپ روشن می‌شود. وقتی انگشت خود را بر می‌داریم، خروجی E به مدت ۹۴S و قطع می‌شود، پس از آن دستور صفر ارسال شده و چراغ خاموش می‌شود.

در این مدار ترانزیسـتور T انتخاب شده اسـت، بنابراین حداکثر شدت جریان قابل استفاده از شدت جریان لامپ بیش‌تر است. (توجه داشته باشید که شدت جریان لامپ از حاصل تقسیم توان لامپ بر ولتاژ آن، حاصل می‌شـود)؛ برای مثال: P =U , ۱۲V =۶W، شـدت جریان عبوری از لامپ برابر است با ۰/۵A یا کمی بیش‌تر. نکته‌ای که در مورد لامپ باید بدان توجه کنید، شـدت جریان «آغازگر» یا «روشـن‌گر» است، که میزان آن حدود ۶ برابر شدت جریان راه‌اندازی مدار است و ترانزیستور باید قدرت تحمل آن را داشته باشد.

## مثال‌های عملی با IC

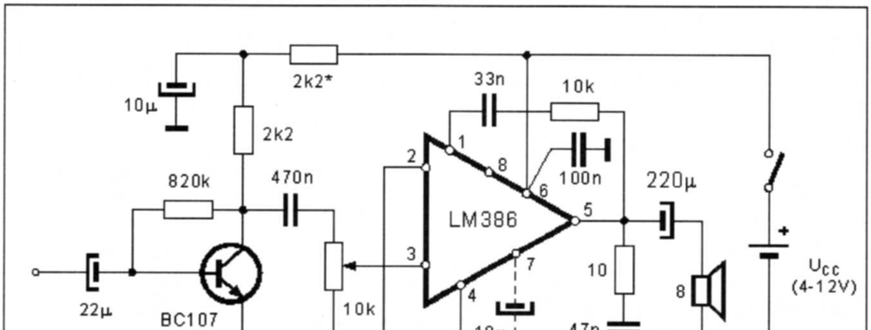
دیاگرام ۹-۷، مدار یک تقویت‌کننده‌ی صدای استریو را نشان می‌دهد که در آن از IC-TDA۴۹۳۵ استفاده شده است. این یک IC مدرن، با دو تقویت‌کننده‌ی مجزا و خروجی‌های استریو است.

سـیگنال‌های ورودی چپ و راسـت، با UL و UD نشـان داده شـده‌اند که هر کدام به یکی از دو ورودی تقویت‌کننـده وارد می‌شـوند. ایـن Chip درون خود محافـظ گرمایی و اضافه بار نیـز دارد. حداکثر خروجی هر آمپلی‌فایر ۱۵W است، بنابراین می‌توان از آن‌ها در حالت استریوی ۲×۱۵W استفاده کرد.




**تصویر ۷-۹ :** *تقویت‌کننده‌ی صدای استریو که در آن TDA۴۹۳۵ استفاده شده است.*

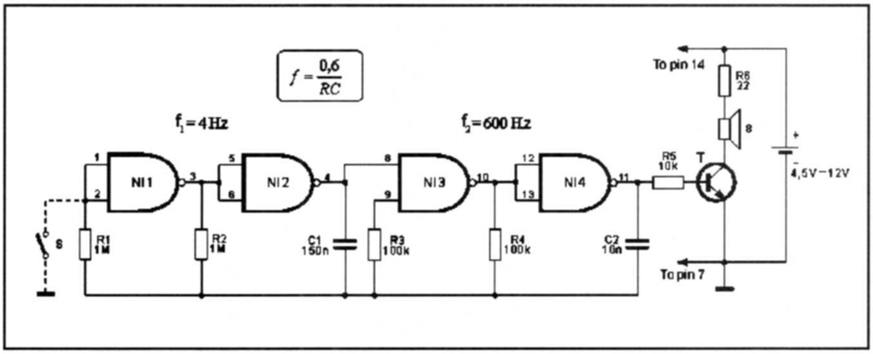
در مثالی دیگر، می‌توان به آمپلی‌فایری اشاره کرد که در آن از LM۳۸۶ و یک پیش- تقویت‌کننده (در آن ترانزیستور BC۱۰۷ به کار رفته) استفاده نشده است. خازن و مقاومت بین پین‌های ۳ و ۵، که به صورت سری بسته شده‌اند، به صورت یک تقویت‌کننده‌ی فرکانس پایین (حدود ۱۰۰Hz) عمل می‌کنند. این تقویت کننده می‌تواند به هر منبع فرکانس پایین (گرامافون، میکروفن و...) وصل شود.




**تصویر ۸-۹ :** *مدار کامل آمپلی‌فایر صوت که در آن از LM۳۸۶ استفاده شده است.*

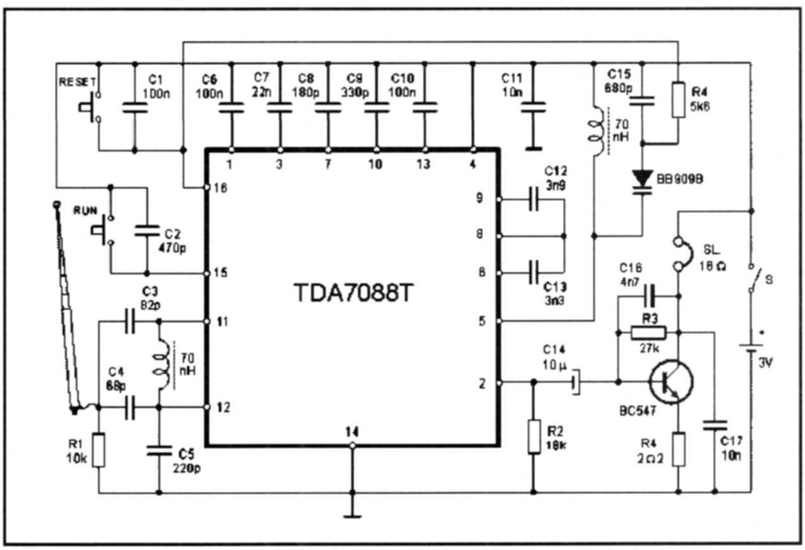
مثال سومی که به آن اشاره می‌کنیم زنگ خطری است که در تصویر ۹-۹ به نمایش درآمده است. در این زنگ خطر از CD۴۰۱۱،IC استفاده شده است. درگاه‌های NI۳ و NI۴، یک نوسان‌ساز صوت ۶۰۰ هرتزی را

می‌سازند. سیگنال در اینجا توسط یک ترانزیستور NPN و اسپیکر R۸، تقویت می‌شود. برای آن که صدای ۶۰۰ هرتزی را بشنوید، اتصال پین ۸ را قطع کرده و پین‌های ۸ و ۹ را به هم وصل کنید، این کار، یک صدای ثابت تولید می‌کند. درگاه‌های NI۱ و NI۲، یک نوسان‌ساز ۴ هرتزی را می‌سازد که خروجی آن به پین ۸ وصل می‌شود. این نوسان‌ساز در ۴ هرتز، صدای ۶۰۰ هرتزی را قطع و وصل می‌کند. به منظور استفاده از این زنگ خطر در منزل، پین ۱ را توسط یک سوئیچ به پین ۷ متصل کنید.



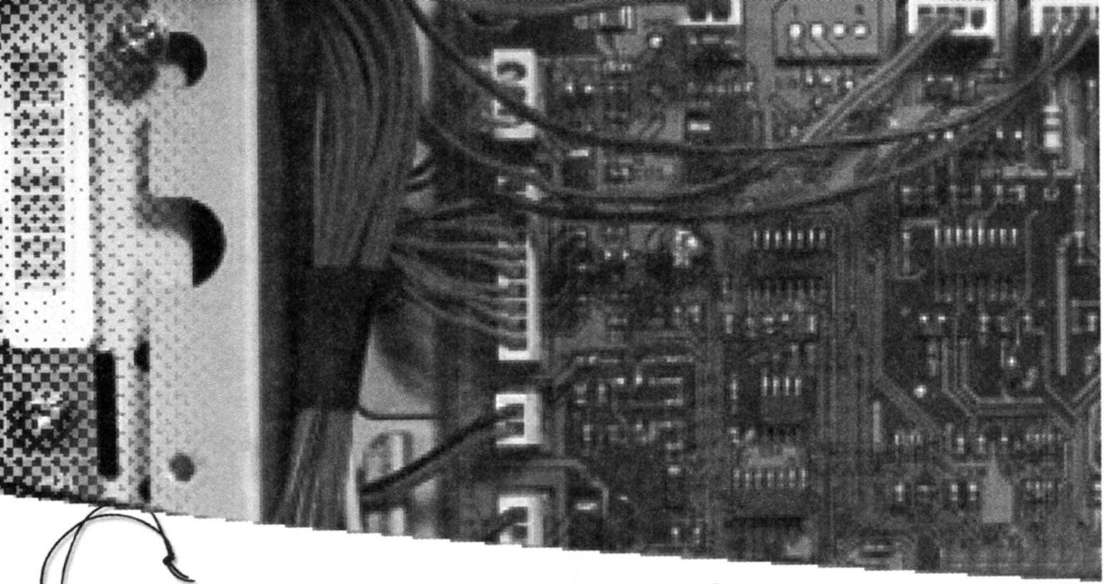

**تصویر ۹-۹:** *زنگ خطر که در آن از IC-CD۴۰۱۱ استفاده شده است.*

آخرین مداری که در این فصل بررسی می‌کنیم، مثالی از یک تک گیرنده‌ی FM است که در آن ICای، TDA۷۰۵۵T به کار رفته، این IC در کنار قطعات SMD مورد استفاده قرار می‌گیرد که همگی در یک محفظه قرار دارند و ۲ باتری ریز ساعت نیز به آن‌ها ضمیمه گردیده است.




**تصویر ۱۰-۹:** *تک گیرنده‌ی رادیویی با استفاده از قطعات پیش‌ساز الکترونیکی*

تنظیم شـدن فرکانس بر روی فرکانس ایستگاه رادیویی کم بسـامد، به صورت خودکار با فشردن دکمه‌ی RUN، انجام می‌شود. این کلید قسمتی از IC را که جهت اسکن طیفی خاص از فرکانس‌ها طراحی شده، فعال می‌کند. وقتی IC، ایسـتگاهی فرضی را پیدا کرد، روی آن قفل می‌شـود تا زمانی که دوباره کلید RUN فشرده شـود. وقتی فرکانس به آسـتانه‌ی ۱۰۸MHz برسـد، پس از چند لحظه سیگنال RESET صادر شده و مجدداً جستجو از ۸۸MHz شروع می‌شود.



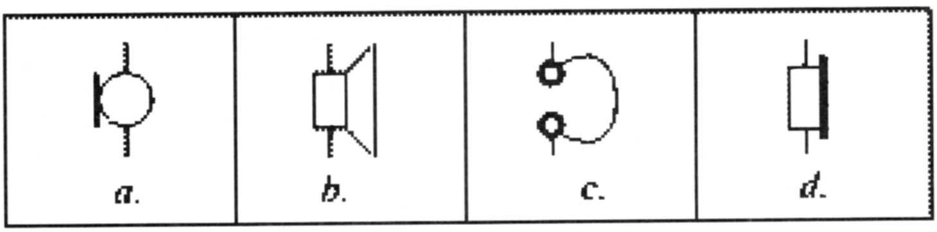


# فصل دهم

## میکروفن، اسپیکر و هدفون

### مقدمه

میکروفن‌ها، اسپیکرها و هدفون‌ها قطعات الکترونیکی هستند که معمولاً به عنوان خروجی یا ورودی مدارها از آن‌ها استفاده می‌کنیم. میکرفون، امواج صوتی را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل می‌کنند که مقلد شکل موج دریافتی است. این سیگنال توسط مدارهایی تقویت شده و توسط اسپیکر یا هدفون، به صوت تبدیل می‌شود. نماد این قطعات در تصویر ۱-۱۰ به نمایش گذاشته شده است.




**تصویر ۱-۱۰ :** *a. میکروفن- b. اسپیکر- d, c. هدفون*

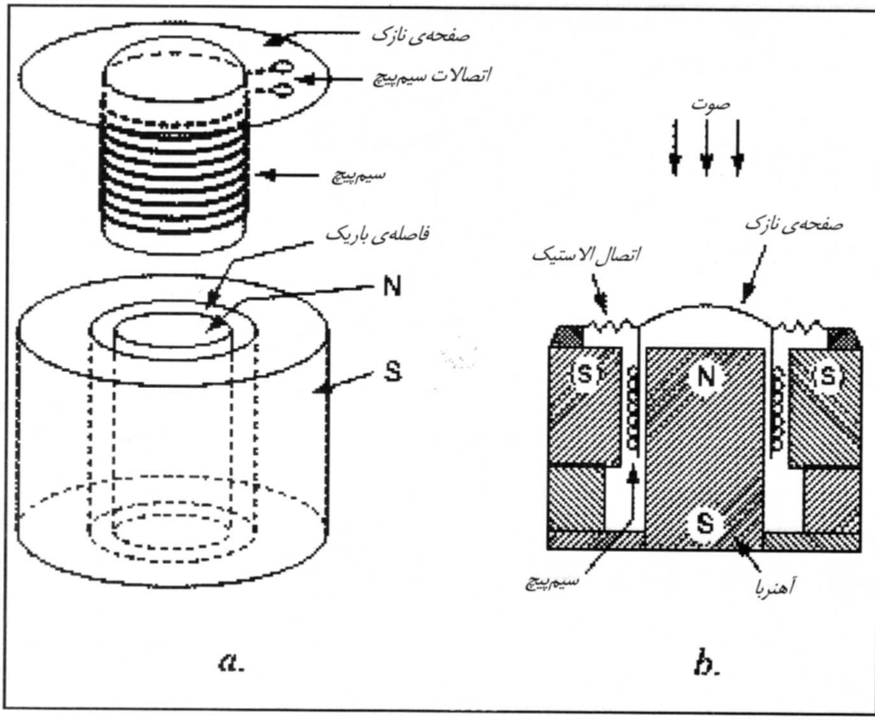
### میکروفن‌ها

میکروفن‌ها انواع مختلفی دارند: کربنی، دینامیک، کریستالی و خازنی[1]. میکروفن‌های کربنی از اولین انواع تولید شده به شمار می‌روند که از آن‌ها در تلفن استفاده شد. ولی بدلیل سر و صدایی که گرانول‌های کربن هنگام تکان خوردن دارند، این نوع خاص، صداهای ناهنجاری تولید می‌کند، بنابراین انواع پیشرفته‌تر ابداع شدند.

---

۱- به آن‌ها اصطلاحاً Elevtret هم می‌گویند [مترجم].

میکروفن‌های دینامیک، از انواع فراگیر به شمار رفته و روند تولیدشان آسان‌تر است. از آن‌ها بیش‌تر در صنعت «ضبط صدا» استفاده می‌شود چرا که در این صنعت وضوح بالا از نکات مهم است. اساساً این میکروفن‌ها مشابه اسپیکر هستند ولی تنها محدودیتی که دارند، خروجی ضعیف آن‌هاست. ساختار داخلی میکروفن‌های دینامیک را می‌توانید در تصویر ۲-۱۰ ببینید. همان‌طور که در تصویر نیز مشهود است، سیم مسی بدور کاغذی استوانه‌ای پیچ می‌خورد که این استوانه با استوانه‌ای دیگر در بیرون در تماس است. تکانه‌های حاصل از فشار صدا که توسط منبع صوت ایجاد می‌شود، توسط صفحه بیرونی، به استوانه انتقال می‌یابد. سیم‌پیچی که به آن اشاره کردیم، در فضای نازکی قرار دارد؛ در این فضا میدان مغناطیسی قوی‌ای وجود دارد که عامل آن حضور یک آهنربای دائمی است. در اثر تکانه‌های صوتی، سیم‌پیچ در این میدان مغناطیسی به تناسب شدت تکانه، عکس‌العمل نشان می‌دهد و ولتاژی مخصوص برای صوت ایجاد می‌کند.




**تصویر ۲-۱۰:** *میکروفن دینامیک - a. ساختار داخلی - b. برش طولی*

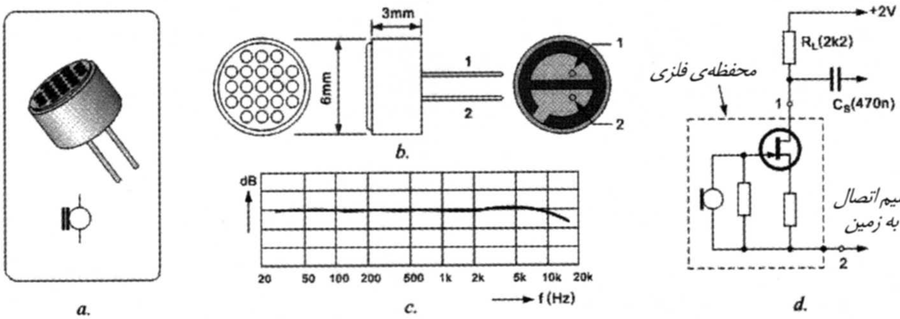
بدلیل مقاومت پایین (امپدانس) میکروفن دینامیک، به یک مبدل نیاز داریم که ممکن است میکروفن را به یک پیش تقویت‌کننده[1] وصل کنیم. مبدل فوق‌الذکر معمولاً در محفظه‌ی خود میکروفن، طراحی می‌شود، ولی چنان‌چه در خود محفظه قرار نداشت لزوماً باید میکرون را به پیش تقویت‌کننده‌ای با مقاومت ورودی پایین

۱- Pre- amplifier/pre-amp

متصل کنیم.

میکروفن‌های کریستالی در خود کریستالی به نام (Piezo crystal) دارند که به یک دیافراگم (صفحه نازک) متصل است. وقتی صوت، شکل دیافراگم را تغییر می‌دهد، کریستال، تغییر شکل داده و ولتاژی خاص تولید می‌کند. سپس ولتاژ تولیدی به یک تقویت‌کننده انتقال می‌یابد.

تا به امروز، میکروفن‌های خازنی کیفیت چشم‌گیری بدست آورده و از دیگر انواع میکروفن پیشی گرفته‌اند. علت این کیفیت، اندازه کوچک، ساختار مقاوم و قیمت پایین است. ساختار کلی، ویژگی‌ها و اندازه آن را در تصویر ۳-۱۰ مشاهده می‌کنید. این نوع میکروفن‌ها، یک ترانزیستور تابع میدان دارند، بنابراین برای عملکرد صحیح، به ولتاژ DC نیاز خواهند داشت. تصویر ۳d-۱۰ نحوه اتصال میکروفن خازنی به مدار را به نمایش می‌گذارد. این مدار به یک «مقاومت بارکنش[1]» نیاز دارد، تا جریان ورودی به FET[2] را کنترل کند. به صورت حرفه‌ای می‌توان گفت خروجی از تلاقی مقاومت و ترانزیستور حاصل می‌شود، (چرا که جریان تحت کنترل مقاومت است).




**تصویر ۳-۱۰:** *میکروفن خازنی- a. تصویر و نماد شماتیک- b. اندازه و اتصالات- c. ویژگی‌های فرکانسی- d. نحوه اتصال*

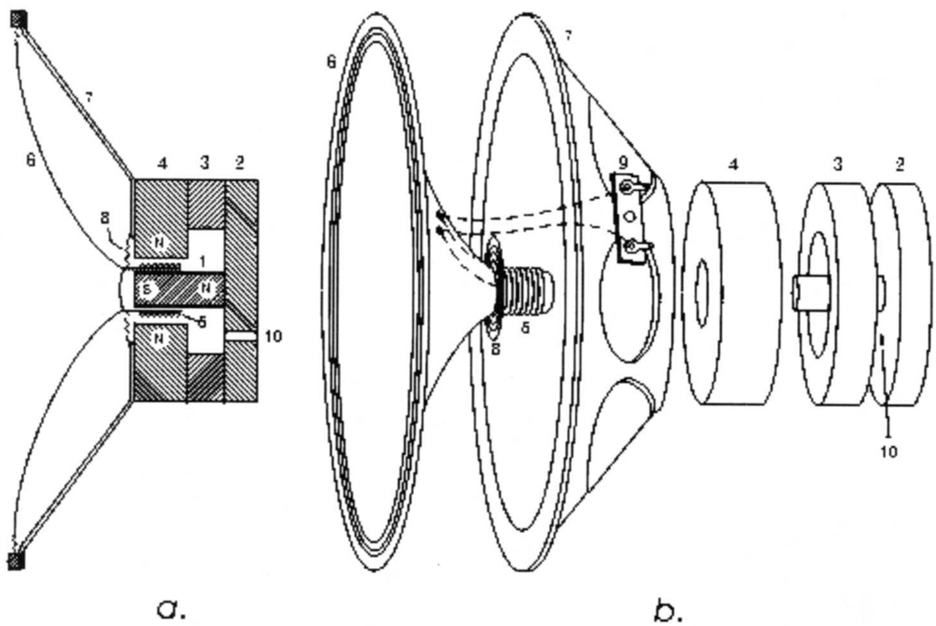
## اسپیکرها

اسپیکرهای بسیاری با اشکال و اندازه‌های متفاوت وجود دارند. اسپیکرها در دو نوع کریستالی و خازنی هم طراحی می‌شوند اما غالباً دینامیک‌اند (با نام ساختار electro- dynamic). مقطع طولی اسپیکرهای الکترودینامیک، در تصویر ۴-۱۰ مشهود است. حلقه‌هایی از جنس فریت[3] (۲، ۳ و ۴) به یک آهنربای دائمی (۱) اضافه شده‌اند، که در فضای بین قطبین آهنربا، میدان مغناطیسی بسیار قوی ایجاد می‌کند. یک پوشش استوانه‌ای نیز به این مجموعه اضافه می‌شود که سیم‌پیچ (۵) را نگه خواهد داشت. انتهای سیم‌پیچ به خارج اسپیکر وصل می‌شوند.

۱- Load Resister

۲- *Field – Effect Transistor* *به فصول قبل رجوع کنید.*

۳- *Ferinte. همان هیدروکسید آهن است [مترجم].*




دو مشخصه اصلی یک اسپیکر، میزان مقاومت آن (مقاومت اسپیکر را در فرکانس ۱KHz می‌سنجیم و آن را امپدانس[1] می‌نامیم، میزان امپدانس مقاومت حقیقی مقاومت بیش‌تر است) و میزان توان آن است. توجه به دو نکته در انتخاب اسپیکر باید مورد اهمیت قرار گیرد اول این که اسپیکرهای بزرگ‌تر دوام و کارآیی بهتری دارند؛ ثانیاً این که باید خصوصاً در مدارهای کم فرکانس به میزان اتلاف اسپیکر، دقت کنیم. اسپیکرها باید در محفظه‌های بزرگ قرار گیرند چرا که محفظه خود به عنوان تشدیدکننده‌ی صوتی در کیفیت صدای خروجی اثرگذار است.

## هدفون‌ها

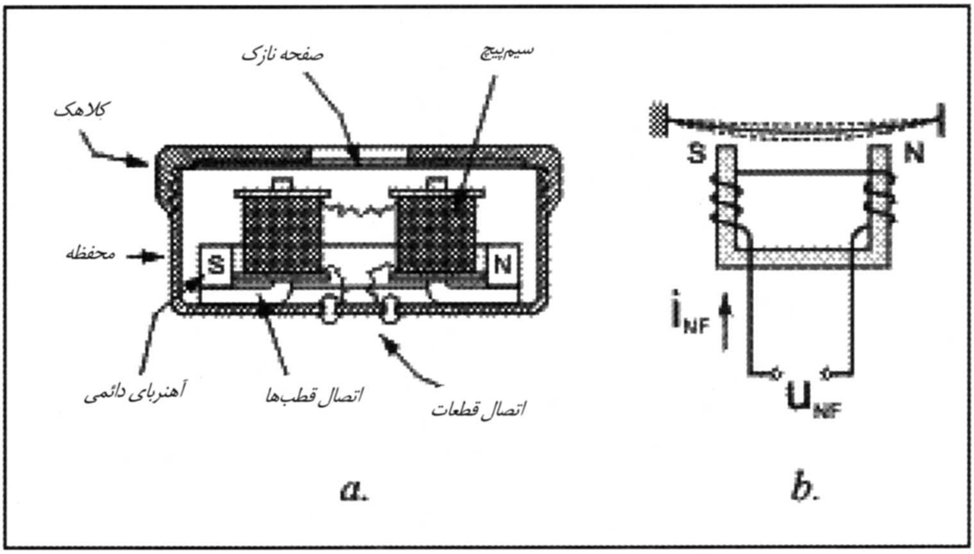
هدفون‌ها دو نوع کریستالی و الکترومغناطیسی دارند که نوع الکترومغناطیسی رایج‌تر است. عملکرد آن‌ها مشابه اسپیکرهاست، گرچه تفاوت‌هایی آشکاری نیز دارند چرا که ساختار آن‌ها جهت عملکرد در توان‌های پایین طراحی شده است. ویژگی اصلی آن‌ها میزان مقاومت‌شان (امپدانس) است که می‌تواند از چند اهم تا چند هزار اهم متغیر باشد.

در تصویر ۵-۱۰، مقطع طولی از یک هدفون را می‌بینید. در ساختار آن آهنربایی نعل اسبی به چشم می‌خورد که قطبین آن دو سیم‌پیچ را نگه می‌دارد. نحوه اتصال سیم‌پیچ‌ها به صورت سری است. دیافراگم، صفحه نازکی از جنس فلز است. هنگامی که جریان به سیم‌پیچ‌ها می‌رسد، دیافراگم به سمت سم‌پیچ‌ها کشیده

---

Empedance -۱

می‌شود، این فرآیند هوا را به حرکت در می‌آورد و حاصل آن شگفت‌انگیز خواهد بود!




**تصویر ۵-۱۰:** *هدفون الکترومغناطیسی*

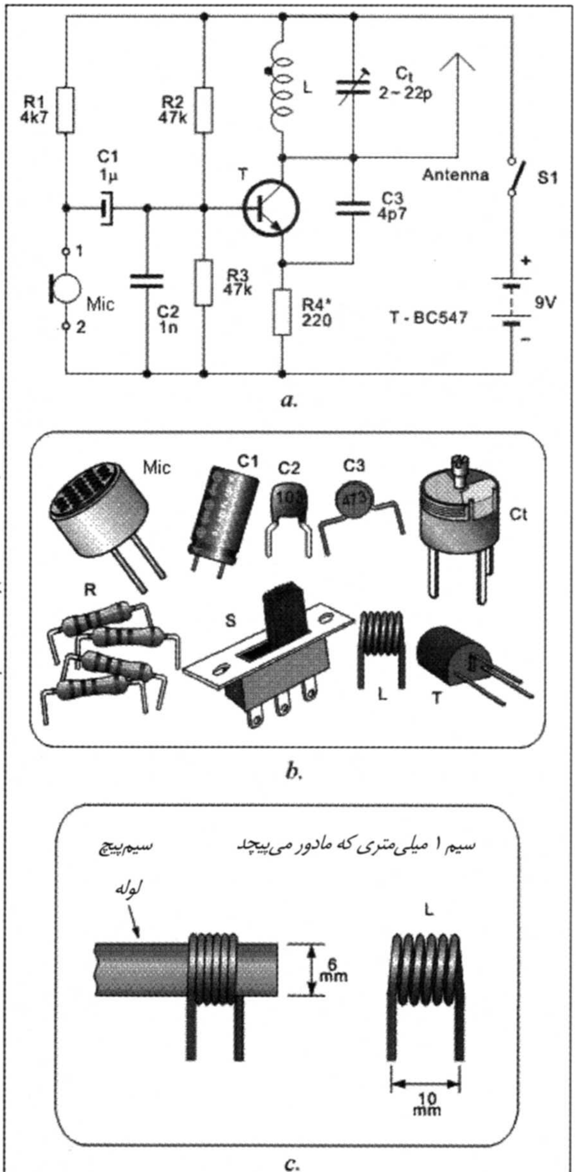
## مثال‌های عملی با میکروفن، اسپیکر، هدفون

تصویر ۶-۱۰ نمای شـماتیکی از یک فرسـتنده رادیویی ساده را به نمایش می‌گذارد. در این دستگاه از یک میکروفن خازنی با دامنه ارسال فرکانس ۸۸MHz تا ۱۰۸MHz استفاده می‌شود. مجموعه قطعات سیم‌پیچ L، خازن متغیر Ct، خازن C۳ و مقاومت‌های R۴، R۳، R۲ نوسان‌سازی با فرکانس زیر می‌سازند.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C_t + C_{CB})}}$$

در معادله‌ی فوق، CcB، نشـان‌دهنده ظرفیت خازنی بین گردآورنده[1] و پایه[2] اسـت. میزان این ظرفیت خازنی به ولتاژ موجود در پایه بستگی دارد. هرچه ولتاژ بالاتر باشد، ظرفیت خازنی کم‌تر خواهد بود و برعکس. ولتـاژ پایـه ثابت اسـت در حالی که صدایی وجود ندارد؛ این نکته بدین معنی اسـت که نوسـان در نوسـان‌گر، مقداری ثابت اسـت. هنگامی که میکروفن صدایی را جذب می‌کند، این صدا توسـط خازن C۱ به ترانزیسـتور منتقـل می‌شـود و فرکانس نوسان‌سـاز، تغییر خواهد کـرد، به همین دلیل نام دسـتگاه را هـم گام با فرکانس Frequency Modulated (FM) می‌نامند.

۱- Collector
۲- Base



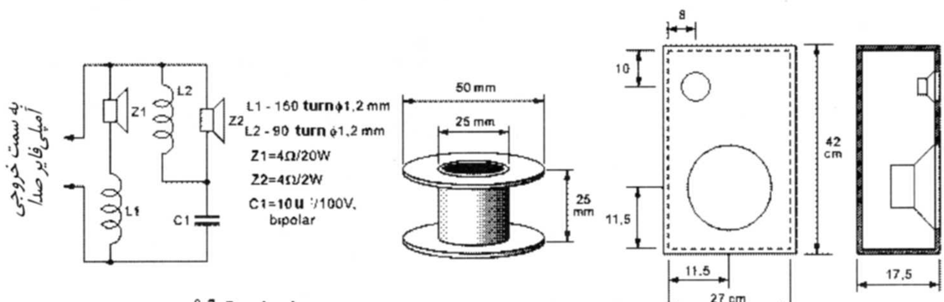

*Sl. 8.6. Simple FM radio transmitter:*
*a - schematic, b - components, c -making the coil*

**تصویر ۶-۱۰ :** *نمای شماتیک یک فرستنده رادیویی a . شماتیک b . قطعات c . ساختار سیم‌پیچ*

جهت پردازش فرکانس هر ایستگاه دلخواه دیگر، به دستگاه، یک خازن متغیر اضافه می‌کنیم. فرستنده توانائی پوشش ۲۰۰ متر را دارد که این امر به طول آنتن و محل قرارگیری آن بستگی دارد. ساختار آنتن باید ترجیحاً عمومی و تا آنجا که ممکن است بلند باشد.

طول آنتن می‌تواند تا ۳ متر انتخاب شود ولی ۱۸۰Cm نیز مقداری معقول است. سیم‌پیچ L از تاباندن سیم مسی ۱ میلی‌متری به دور لوله‌ای با قطر ۶mm و تعداد دور «۶ عدد» ساخته می‌شود. این سیم‌پیچ بنابر میزان فرکانس موردنظر می‌تواند کشیده شود. با کشیدن سیم‌پیچ می‌توان میزان دقیق فرکانس را تعیین کرد. هدف از به کارگیری اسپیکرهای با کیفیت، وضوح بالای صدا[1] (Hi-Fi) است. این اسپیکرها در وسایلی هم چون رادیو، تلویزیون، ضبط صوت و... مورد استفاده قرار می‌گیرند. مزیت این اسپیکرها تولید طیف وسیعی از فرکانس‌های مختلف است. اسپیکرهایی که کلگی آن‌ها بزرگ است «Woofer» نامیده می‌شوند و قادرند فرکانس‌های پایین را به خوبی ارائه دهند. اسپیکرهای با کلگی کوچکتر، «Tweeter» نامیده می‌شوند و فرکانس‌های بالا را بازسازی می‌کنند. این دو اسپیکر Woofer و Tweeter در کنار هم قادرند طیفی شامل ۳۰Hz تا ۱۵KHz را ارائه دهند.

دشواری کار نیز همین جا مشخص می‌شود که چگونه هر فرکانس خاص را به اسپیکر خاص آن بفرستیم. این تشخیص، وظیفه‌ی شبکه‌ی هم گذر[2] است. همان‌طور که در تصویر ۷-۱۰ می‌بینید، انداکتور L1، فرکانس‌های پایین را به سمت اسپیکر Z1، و خازن C1 فرکانس‌های بالا را به اسپیکر Z2 هدایت می‌کند. اسپیکر Z1 فرکانس‌های ۳۰Hz تا ۸۰۰Hz و اسپیکر Z2 فرکانس‌های ۸۰۰Hz تا ۱۵KHz را پوشش می‌دهند.




*8.7.* **Speaker box**

**تصویر ۷-۱۰:** *جعبه‌ی اسپیکر*

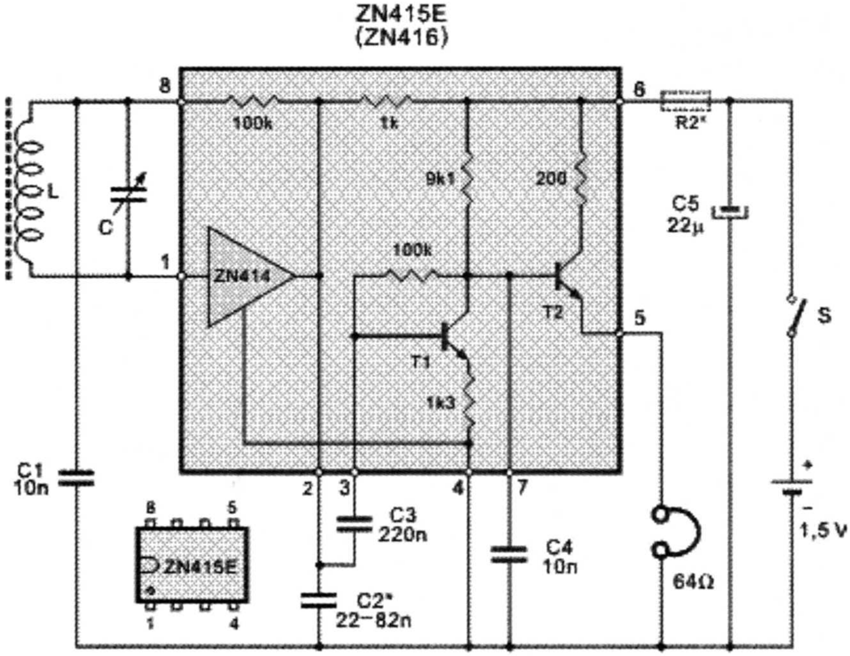
هدفون‌ها بیش‌تر در دستگاه‌های قابل حمل مورد استفاده قرار می‌گیرند و قادرند صداهایی بسیار با کیفیت تولید کنند. تقریباً تمامی دستگاه‌های جدید، تقویت‌کننده‌ی صدا دارند. این آمپلی‌فایرها معمولاً از IC کمک می‌گیرند و بیش‌تر برای هدفون‌های ۳۲ اهمی طراحی شده‌اند.

در تصویر ۸-۱۰، تصویری شماتیک از ساختار یک رادیوی قابل حمل AM را می‌بینید. اصلی‌ترین قطعه به کار رفته در آن، ICای ZN۴۱۶ است. خروجی آن به دو هدفون ۳۲ اهمی وصل می‌شود که به صورت سری وصل شده‌اند و مقاومت معادل آن‌ها ۶۴ اهم است. با اتصال گیرنده رادیویی تصویر ۸-۱۰ به آمپلی‌فایر تصویر ۷-۳، می‌توان رادیویی با خروجی‌های اسپیکری طراحی کرد.

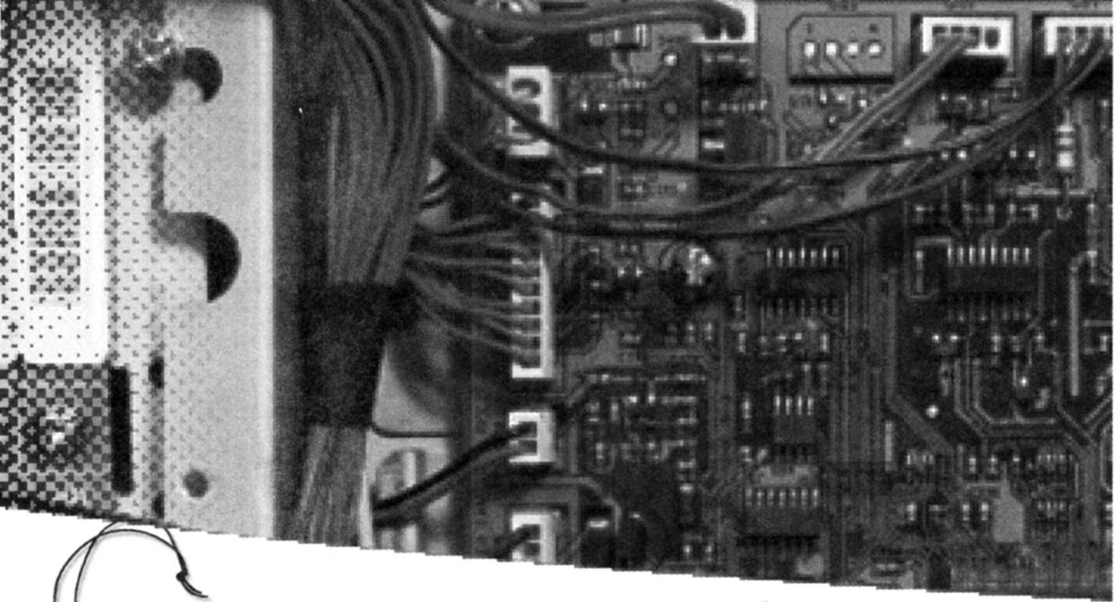
---

۱- *High- Fidelity/Hi-Fi*

۲- *Cross - over network*




تصویر ۸-۱۰: رادیوی جیبی AM که در آن ZV۴۱۵E،IC به کار رفته است.



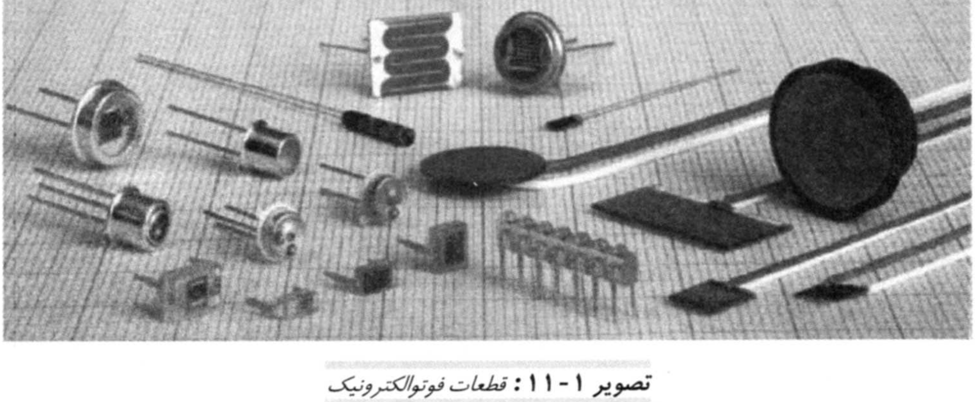


# فصل یازدهم

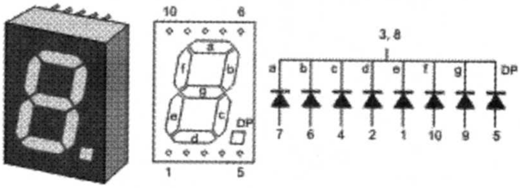
## قطعات اپتوالکترونیک

### مقدمه

قطعـات اپتوالکترونیک (که بعضا آن‌ها را قطعات فوتوالکترونیک نیز می‌نامند)، قطعاتی هسـتند که نور تولید می‌کنند و یا به آن واکنش نشـان می‌دهند. از این جمله قطعات می‌توان به LEDها Light Emitting Diodes، فوتوترانزیستورها، دیودهای نوری، مقاومت‌های نوری (LDR: Light Dependent Transistors) نشانگرهای بصری، دتکتورها، اپتوکوپلرها و...اشاره کرد. بسیاری از این قطعات را می‌توان از روی دریچه‌ی تعبیه شده در آن‌ها (جهت عبور نور) شناسایی کرد. گاهی اوقات بجای دریچه، لنزی کوچک را مشاهده می‌کنیم که نور را به قسمتی از پیش تعیین شده هدایت می‌کند. در تصویر ۱-۱۱ تعدادی از مهم‌ترین قطعات اپتوالکترونیک را می‌بینید.



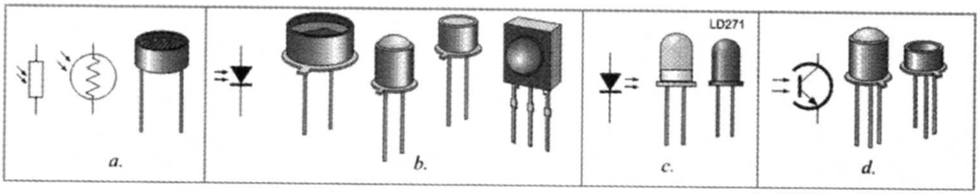
**تصویر ۱-۱۱ :** *قطعات فوتوالکترونیک*




**تصویر ۲-۱۱ : نمایشگر** *LED*

تـا اینجای کتاب ما تنها به توضیح یکی از پرکاربردتریـن این قطعات فوتوالکتریک یعنی LED پرداختیم. نقش اصلی LEDها در مدار، نمایش یک وضعیت خاص، بطور مثال، روشن و یا خاموش بودن دستگاه است. این قطعه، در رنگ‌ها طرح‌ها و اندازه‌های بسـیار متنوعی ساخته می‌شود ولی بدلیل پیچیدگی در فرایند تولید، نوع آبی آن قدری گران‌تر است. از انواع آن می‌توان به مربعی، محفظه دار، SMD، گوشه‌دار، فوق درخشان، چندرنگ و بسیاری دیگر اشاره کرد که همگی عملکرد مشابهی دارند.

نـوع دیگری از LEDها، LED نمایشـگر اسـت که نمونـه‌ای از آن را در تصویر ۲-۱۱ مشـاهده می‌کنید. همانطور که مشـاهده می‌کنید این LED از ۸ LED مجزا (که با نام‌های a-b-c-d-e-f-g مشخص می‌شوند) و یک DP (نقطه‌ی اعشاری) تشکیل شده است. این قطعه معمولاً به دو صورت دیده می‌شود، یا همه‌ی LEDها یک کاتد مشترک دارند و یا همگی آندی مشترک دارند؛ در هر صورت، اتصال مقاومت‌های محافظتی به تمام دیودها (آنچه در اسـتفاده از دیودها مرسوم اسـت)، الزامی خواهد بود. یکی از تفاوت‌های مشهود فوتودیودها، سـطح برجسته (برای ورود نور) است. این دیودها، در تاریکی درست مثل مقاومت‌های پرتوان عمل می‌کنند، هرچه نور شدیدتر شود، مقاومت آن نیز کاهش میابد. این دیودها درست مثل مقاومت‌های نوری عمل می‌کنند به جز اینکه الزاما باید جهت وصل کردن آن‌ها در مدار، رعایت شود.

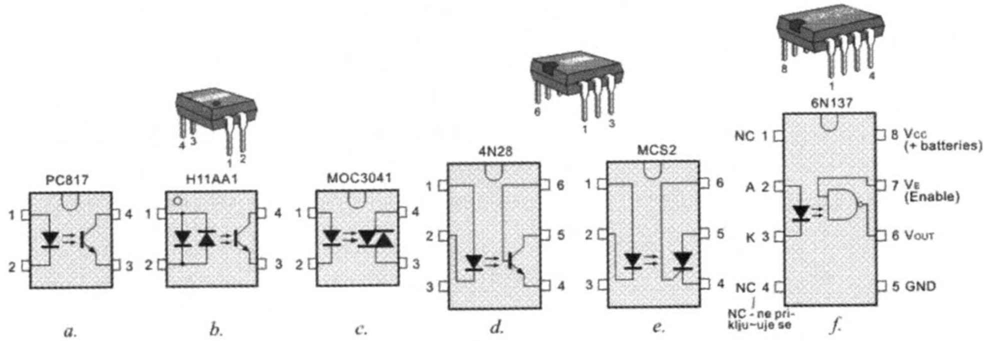



**تصویر ۳-۱۱ :** *a- مقاومت‌ها b- دیودهای تشخیصی c- دیودهای ساتع‌کننده (emitting) d- ترانزیستورها*

دیودهای ساتع‌کننده، نوع خاصی از دیودها هستند که یکی از آن‌ها LED و انواع دیگر، اینفرارد(Indrared) و فرابنفش (Ultra-violet) اسـت که به منظور ارتباط بی سـیم از آن‌ها اسـتفاده می‌شود.LEDهای اینفرارد بیشتر در کنترل‌های دستگاه تلویزیون و دیگر وسایل کاربرد دارند. دیودهای نوری معمولا در محفظه‌های فلزی گرد و یا محفظه‌های پلاستیکی چهارگوش، قرار می‌گیرند که در قسمتی از آن‌ها دریچه یا لنزی برای متمرکز کردن نور تعبیه می‌شـود. اجزای داخلی ترانزیستورهای نوری درست مانند ترانزیستورهای معمولی است. یکی

از تفاوت‌های اساسی در آن دو، وجود دریچه ای است که اجازه می‌دهد نور به کریستال ترانزیستور برسد. با تغییر در میزان نور، مقاومت بین پایه و گردآورنده، تغییر کرده و این امر موجب تغییر در میزان شدت جریان گردآورنده می‌شود. در این نوع ترانزیستور، درواقع نور نقش ولتاژ را در ترانزیستورهای معمولی ایفا می‌کند؛ با افزایش شدت نور، شدت جریان عبوری از ترانزیستور افزایش میابد و برعکس. قطعات فوتوالکترونیک، در شکل و شمایل گوناگونی ساخته می‌شوند که در تصویر ۳-۱۱ برخی از اشکال و نمادهای شماتیک مربوطه را مشاهده می‌کنید.

یکی از قطعات خاصی که در گروه قطعات اپتوالکترونیک جای دارند، اپتوکوپلرها هستند. این قطعات در واقع ICهایی هستند که کار با دیودهای نوری IR و برخی قطعات حساس به نور(ترانزیستور و تریستورهای نوری) را آسان می‌کنند. دیودها در واقع ساتع‌کننده، و دتکتورها دریافت‌کننده نامیده می‌شوند؛ این امر بدین معناست که تنها راه ارتباطی میان دتکتور و ساتع‌کننده، پرتو نور است و این خاصیت از ویژگی‌های مهم اپتوکوپلرها بشمار می‌رود. از ویژگی‌های عملکردی آن‌ها برقراری اتصال میان دو قطعه‌ی متفاوت در مدار است که به دو منبع تغذیه با دو ولتاژ متفاوت متصل شده‌اند. بطور مثال می‌توان قطعه‌ای با ولتاژ ۹ ولت را به قطعه‌ای با ولتاژ ۵ ولت متصل ساخت بدون این که به قطعات حساس به ولتاژ کوچک‌ترین آسیبی برسد.




**تصویر ۴-۱۱:** *اپتوکوپلرها*

در تصویر ۴-۱۱ تعدادی از اپتوکوپلرها و محفظه‌هایشان را مشاهده می‌کنید. همانطور که در تصویر مشاهده می‌کنید، ترانزیستورهای نوری(تصویر 11-4a) به قطعات مشابهی مثل ترانزیستورهای معمولی وصل شده‌اند که کنترل شدت جریان عبوری در آن‌ها، از طریق پرتوهای نوری صورت می‌گیرد. ولتاژ دیود در تصویر 11-4a نسبت به زمان تغییر می‌کند ولی الزاما ولتاژ آند نسبت به کاتد باید مثبت باشد. چنان‌چه این قطعه در مدارهای با ولتاژ متغیر مورد استفاده قرار گیرد، دیود در آستانه‌ی حد وسط تفاوت ولتاژ کاتدی و آندی، از خود نور ساتع می‌کند. در تصویر 11-4b مداری را می‌بینید که در آن از دو دیود به صورت برعکس هم استفاده شده است؛ هر دیود در یک جهت چرخه، در مرز حد آستانه تفاوت ولتاژ از خود نور ساتع می‌کند. در تصویر 11-4c اپتوکوپلری را مشاهده می‌کنید که در آن از تریستور استفاده شده است. در این مدار، تریستور به صورت معمولی به قطعات دیگر متصل می‌شود و تنها در صورت دریافت ایمپالس نور توسط دیود، شروع به فعالیت می‌کند.

در تصویر 11-4d ترانزیستور توسط تغییر شدت نور دیود و یا ولتاژ در پین۶ تنظیم می‌شود. در تصویر -۱۱ ۴e نیز مشابه چنین تنظیمی در عملکرد ترایاک صورت می‌گیرد.

مدار دو ورودی NAND در تصویر 11-4f به عنوان یک دتکتور مورد استفاده قرار گرفته است؛ یکی از این دو ورودی، ولتاژ را در پین۷ کنترل کرده و دیگری شدت نور دیود را کنترل می‌کند. در حالت عادی خروجی پین۶، یک است؛ تنها در صورتی خروجی پین ۶، صفر می‌شود که خروجی پین۷، یک بوده و دیود روشن باشد.

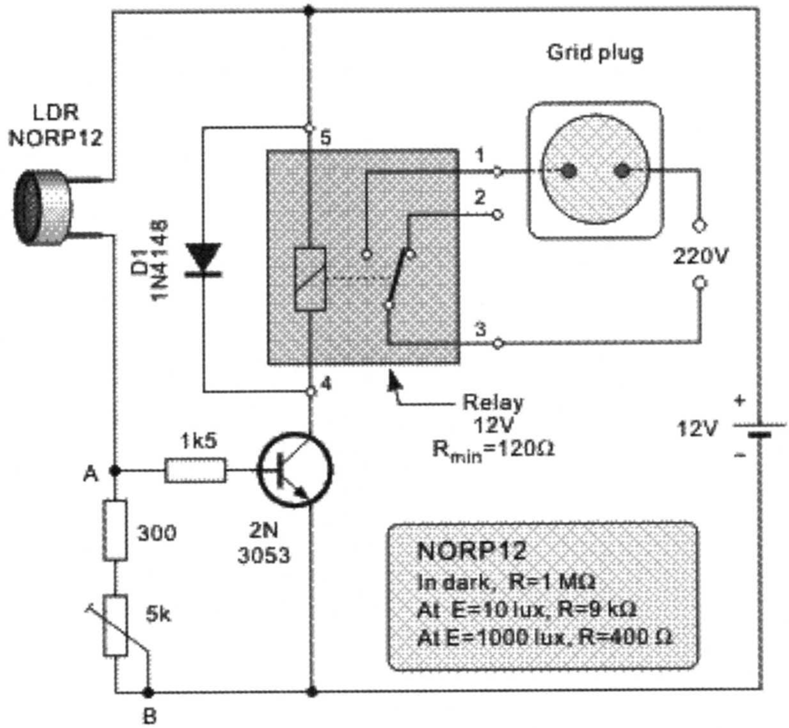
## لامپ‌ها

نماد آن‌ها در ضمیمه مشاهده می‌شود، لامپ‌های معمولی سیم‌پیچی از جنس تنگستن را داغ می‌کنند که در محفظه‌ای از گاز (به طور مثال آرگون) قرار گرفته است. مقاومت رشته فلزی، به دمای آن بستگی دارد. در حالت داغ مقاومت رشته می‌تواند بین ۱۰ تا ۲۰ برابر افزایش یابد. لامپ‌های نئونی حاوی گازهای مانند (نئون) هستند و گاز وقتی که به صفحه طرفین لامپ ولتاژ اعمال می‌شود، از خود نور ساطع می‌کند.

این درخشندگی در ولتاژ ۷۰ تا ۹۰ ایجاد می‌شود. هم‌چنین مقاومت‌هایی به صورت سهمی در مدار وصل می‌شوند تا از افزایش میزان ولتاژ (بیش از حد مورد نیاز) جلوگیری کنند. جهت دقت بیش‌تر، از یک مقاومت محدود کننده جریان نیز استفاده می‌شود.

## مثال‌های عملی با قطعات اپتوالکترونیک

در اینجا نقشه‌ی شماتیک دستگاهی را بررسی می‌کنیم که قادر است شدت نور خاصی را تشخیص داده و پس از تشخیص آن، دستگاه دیگری را که به آن متصل است بکار بیاندازد. همان طور که تصویر 11-5 نشان می‌دهد، در غیاب نور، ضریب مقاومت LDR(NORP۱۲) ۱ مگا اهم است که شدت جریان و ولتاژ را در پایه بسیار پایین می‌کشد، بنابراین تقریبا هیچ گونه شدت جریانی از ترانزیستور عبور نمی‌کند. از آنجاییکه هیچ شدت جریانی از درون سیم‌پیچ رله عبور نمی‌کند، انتهای دیگر آن در حالت خاموش قرار می‌گیرد. وقتی شدت نور به سرحد خاصی می‌رسد، مقاومت در LDR کاهش میابد(در یک مقاومت 10lx، تغییرات حدود ۹ کیلو اهم است)، ولتاژ و شدت جریان در پایه افزایش یافته و در پیامد آن، این شدت جریان، درون سیم‌پیچ رله که پین ۱ و ۳ را بهم متصل می‌کند شارش یافته و دستگاه مورد نظر را روشن می‌کند.




**تصویر ۵-۱۱:** *رله‌ی نوری*

حساسیت کل مدار بوسیله‌ی درجه‌ی مقاومت متغیر ۵ کیلواهمی تنظیم می‌شود. کاهش این درجه در راستای کاهش نور، دستگاه را روشن می‌کند. بیش‌ترین حساسیت زمانی ایجاد می‌شود که مقاومت متغیر به کلی از مدار حذف شود. احتمال دارد در مدار بجای LDR (ولتاژ کاتد تا سرحد پایانه‌ی + باتری بالا می‌رود)، از یک دیود نوری و یا ترانزیستور نوری استفاده شود.

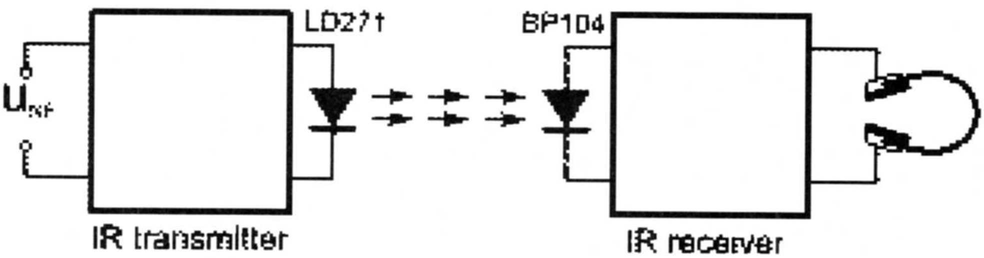
در صورتی که از مقاومت ۴۷ کیلواهمی و LDR بین نقاط A و B استفاده کنیم، دستگاه در غیاب نور خاموش می‌شود. هر رله یک سیم‌پیچ دارد که تابع ولتاژ باتری است که در مثال ما این ولتاژ برابر ۱۲ ولت است. مقاومت سیم‌پیچ چند صد اهم، و حداقل میزان آن ۱۲۰ اهم می‌باشد. شدت جریان عبوری از رله نباید از آستانه تحمل دستگاهی که به سیستم متصل شده، تجاوز کند. برای مثال چنان‌چه گرمکن الکتریکی ۱ کیلوواتی را در نظر بگیریم، شدت جریان آن برابر خواهد بود با:

I=P/U=۱۰۰۰W/۲۲۰V=۴/۵A

استفاده از هر ترانزیستور TUN ای که حداکثر شدت جریان آن بالاتر از آستانه‌ی رله باشد، مجاز است. این میزان از حاصل تقسیم ولتاژ باتری بر میزان مقاومت سیم‌پیچ رله بدست می‌آید.

وقتی می‌خواهیم در وسیله‌ای از کنترل استفاده کنیم، راه‌های متفاوتی پیش روی ماست اما استفاده از

ارتباط کابلی و یا امواج رادیویی در برخی موارد گزینه‌ی معقولی بنظر نمی‌رسد (مثل کنترل تلویزیون). برخی دیودهای نوری گیرنده‌ی IR، در فرستنده‌ها و یا گیرنده‌های کم توان مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل شماتیک ۶-۱۱، مورد استفاده از دیودهای نوری را در منابع صوتی و هدفون‌ها به نمایش میگذارد که ما را از استفاده از کابل‌های طویل مبرا می‌سازد. سیگنال کمینه‌ی فرکانس انتقالی با نمادuLF مشخص می‌شود که با توجه به میزان آن، فرکانس فرستنده‌ی IR، بیشینه‌ی فرکانس را تنظیم می‌کند. این ولتاژ فرکانس بالا به دیود ساتع‌کننده‌ی LD۲۷۱ فرستاده می‌شود. نور خروجی از این دیود، مقاومت دیود گیرنده را تغییر داده و سیگنال فرکانس بالای ایجاد شده بر اثر این تغییرات، درست برابر سیگنال تعدیل شده در انتهای فرستنده-گیرنده است. گیرنده‌ی IR سیگنال فرکانس بالا را تغییر می‌دهد به طوری که این فرکانس، به حالت اولیه در صدای دریافتی باز می‌گردد که این سیگنال، تقویت شده و به هدفون‌ها می‌رسد.

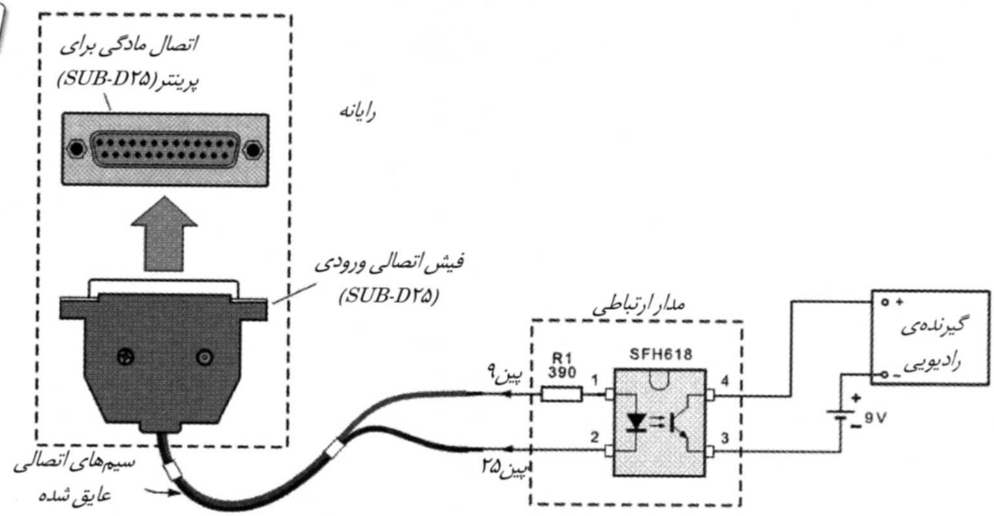



**تصویر ۶-۱۱ :** *ارسال پیام رادیویی به کمک اشعه‌ی اینفرارد*

استفاده از قطعات نوری در ارتباط ایمن دیگر دستگاه‌ها با رایانه‌ی شخصی شما نیز می‌تواند موثر باشد. در شماتیک ۷-۱۱ یکی از ساده‌ترین راه‌های اتصال یک دستگاه مفروض را به رایانه شخصی‌تان مشاهده می‌کنید. جهت بررسی بیشتر، در اینجا یک گیرنده‌ی رادیویی ۹ ولت را فرض می‌کنیم. گیرنده، باتری و مدار ارتباطی بوسیله‌ی اتصالSUB-D ۲۵ به پورت موازی متصل می‌شوند. برنامه‌نویسی لازم جهت کنترل مدار ارتباطی، در هر زبانی میسر است. در اینجا برنامه ای ساده را به نمایش گذاشته‌ایم که در Q-BASIC نوشته شده و گیرنده را در ساعت ۷ صبح روشن و در ساعت ۷:۳۰ نیمه شب خاموش می‌کند.

```
REM Wake up program
۱۰ DO
۲۰ LOOP UNTIL TIMES$=«۰۷:۰۰:۰۰»
۳۰ OUT &H۳۷۸, ۱۲۸
۴۰ SLEEP ۹۰۰
۵۰ OUT &H۳۷۸, ۰
۶۰ STOP
```

در ساعت ۷ صبح، ولتاژ در پین ۹ به ۵+ ولت می‌رسد و ۹۰۰ ثانیه به همان حالت باقی می‌ماند.

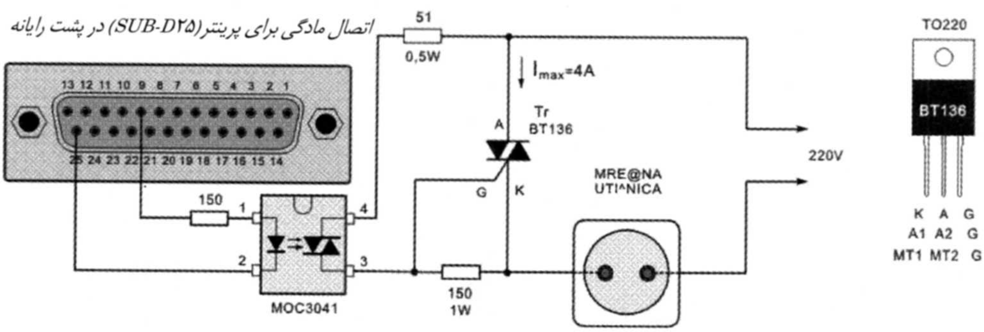



**تصویر ۷-۱۱ :** *کنترل گیرنده رادیویی بوسیله‌ی کامپیوتر*

در رایانه سیستم‌های عملیاتی پیشرفته‌تر از ویندوز ۹۵، ممکن است از راهکارهای پیچیده‌تری در کنترل پورت‌های موازی استفاده کنند، و دانش برنامه‌ریزی عملیات‌هایی از این دست روز به روز در حال پیشرفت است. سری به Google بزنید تا نمونه‌های بیشتری از این برنامه‌ها را بیابید.

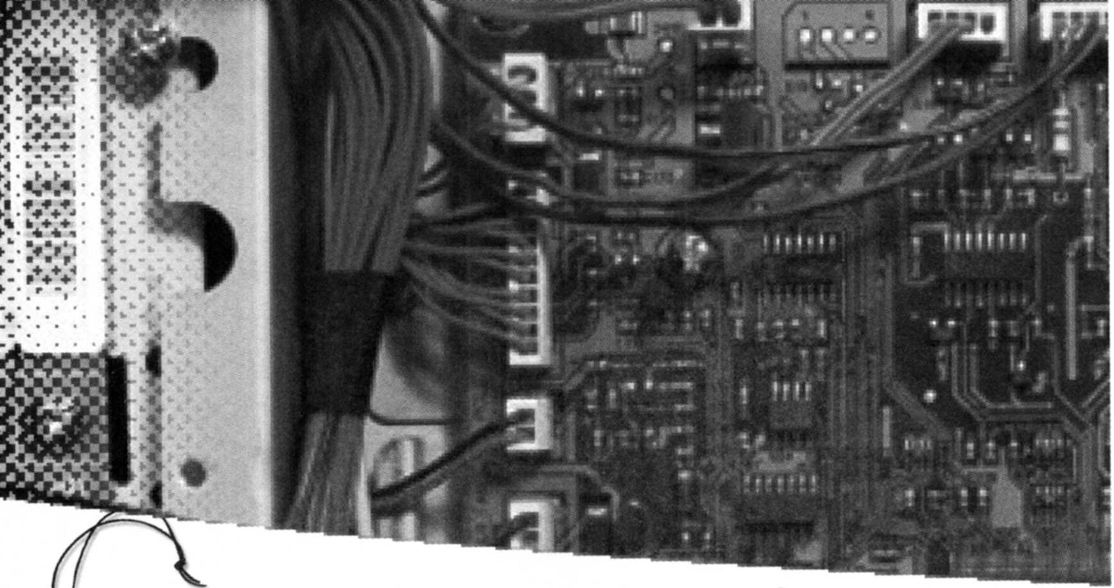
در شماتیک ۸-۱۱ نیز نمونه‌ای دیگر از مثال بالا را مشاهده می‌کنید. با توجه به برنامه، وقتی ولتاژ در پین۹، ۵+ است، دیود، جریان را از خود عبور می‌دهد. نور وارد شده، ترایاک داخل اپتوکوپلر را روشن می‌کند. شدت جریان در مقاومت ۱۵۰ اهمی شارش یافته، افت ولتاژ ایجاد کرده، ترایاک را روشن می‌کند و این شدت جریان به دستگاه می‌رسد.

حداکثر شدت جریان مجاز برای ترایاک BT۱۳۶، ۴ آمپر است که بر اساس آن حداکثر توان دستگاه، ۹۹۰ وات خواهد بود. در اتصال دستگاه‌های پرمقاومت مانند الکترو موتورها، ترانسفورمرها و...به این مدار پیشنهاد می‌شود که از اتصال رله‌کننده کمک بگیریم.




**تصویر ۸-۱۱ :** *اتصال به کمک اپتوکوپلر و ترایاک*







# فصل دوازدهم

## مروری بر دیگر قطعات الکترونیکی

### فیوزها

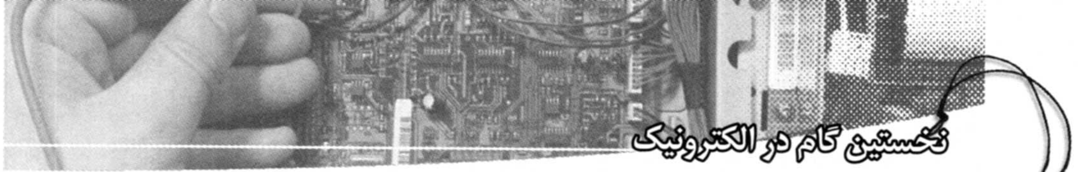
تنها نقش کلیدی فیوز، محافظت از دستگاه در برابر جریان‌های شدید است. در اکثر مواقع شدت جریان بالا و ولتاژ شدید با هم توأم می‌شوند ولی فیوز تنها توانایی شناسایی جریان‌های شدید را دارد. فیوز در دو حالت واکنش نشان می‌دهد اول آن که در صورت افزایش ولتاژ، شدت جریان نیز همراه آن افزایی می‌یابد دوم آن‌که در صورت آسیب اجزای مدار، جریان عبوری افزایش یافته و فیوز را به واکنش وا می‌دارد.

فیوزها اندازه و درجه‌بندی‌های گوناگونی دارند (بسته میزان شدت جریان) و دانستن این نکته بسیار مهم است که سایز سیم ورودی به فیوز نشان‌دهنده‌ی درجه جریان ورودی آن نیست. سیم درون فیوز می‌تواند از جنس مس و روکش‌دار باشد تا از اکسید شدن محافظت شود، یا می‌تواند از هر فلز با ضریب دمایی پایین باشد که در این صورت قطر آن را باید افزایش داد. سیم فیوز هم چنین می‌تواند به صورت مارپیچ درآید و حالت فلزی پیدا کند. انتهای این فنر را لحیم می‌کنیم. در صورت بالا رفتن حرارت، لحیم ذوب شده و این فنر رها می‌شود. به این اتفاق، «تأخیر فیوزی[۱]» گفته می‌شود.

در انواع دیگر فیوز تأخیری، سیم فنری از وسط لحیم‌کاری می‌شود و یا از موادی با نقطه ذوب پایین استفاده می‌شود. برخی وسایل فیوزهای گران قیمتی استفاده می‌کنند، تشخیص آن که آسیب به فیوز، دلیلی جدی دارد یا دلیلی معمولی، با شماست. برخی اوقات فیوز به دلیل فرسودگی از کار می‌افتد. در برخی وسایل، جریان ورودی به حدی بالاست که وقتی دستگاه روشن می‌شود، گرم شدن فیوز مشهود بوده و سیم درونی تا جایی اکسیده می‌شود که آتش خواهد گرفت. گاهی اوقات فیوز، کاملاً از بین می‌رود، این امر نشان‌گر «اتصال کوتاه» در منبع تغذیه است و غالباً یک یا تعداد بیش‌تری از دیودها باید تعویض شوند.

---

DELAY FUSE - ۱





فیوز همچنین ممکن است با ایجاد یک صدا، از کار بیافتد و سطح درونی شیشه آن با نقره پوشیده شود. این امر نشـان‌دهنده‌ی آسـیب دیود در منبع تغذیه است (معمولاً ۲ تا ۴ دیود آسیب می‌بیند). گاهی به دلیل خرابی، تشخیص تأخیری یا معمولی بودن فیوز، ناممکن است.

به عنوان مثال، اگر فیوز، 4A باشد، باید آن را با یک فیوز 4Amp معمولی تعویض کنید (یا یک فیوز ۳،۱۵ آمپـر پایین‌تـر). وقتی فیوزها از ۱۰۰ میلی‌آمپری تا ۲۵۰ میلی‌آمپری باشـند، به دلیل ظرافتی که ساختارشـان دارد، تحمـل کوچک‌تریـن اضافه باری را خواهند داشـت. در تعویض این‌گونه فیوزها باید دقت کرد تا شـدت جریان زیادی به آن‌ها وارد نشود. گاهی اوقات سوئیچ می‌تواند مشکل‌ساز شود و برقراری اتصال در آن به اندازه کافی سریع نباشد.

در هر صورت پس از تعویض فیوز، به رفتار آن دقت کنید. اگر در صورت روشن کردن وسیله، فیوز بلافاصله آتش گرفت، اتصال کوتاه وجود دارد. اگر فیوز ابتدا سرخ شد و آتش گرفت ابزار موردنظر، هنگام روشن‌سازی، بیش از حد توان خود، شـدت جریان دریافت می‌کند. دلیل آن می‌تواند اتصال ابزارهای متصل شده به دستگاه اصلی و یا بیش از حد بود ولتاژ باشد. برای آزمون و یافتن مشکل، می‌توان از یک فیوز قوی‌تر استفاده کرد.

البتـه دقـت کنید که هرگـز یک فیوز 160mA را با یـک فیوز 1amp تعویض نکنید! چـرا که فیوز 1amp مقاومت کرده و مبل بیش از حد توان خود زیر فشار قرار می‌گیرد و نابود می‌شود.

## باتری

باتری یا پیل الکتریکی، چشمه‌ای از انرژی پتانسیل الکتریکی است که سایر انرژی‌ها مانند انرژی شیمیایی، نور و یا ... را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند و این انرژی در قطب‌های باتری قابل دریافت است. انرژی قابل دریافـت در قطب‌های باتری به ازای واحد بار الکتریکی را نیـروی محرکه الکتریکی Electromotive force یـا (emf) باتـری می‌گویند و آن را با یکای ولت اندازه‌گیری می‌کنند. قطـب مثبت باتری آند و قطب منفی آن کاتد نام دارد.

### ساختمان باتری

هر باتری یک مقاومت داخلی (r) دارد. اختلاف پتانسـیل بین قطب‌های باتری (v)، زمانی که جریان I از آن می‌گذرد، برابراست با:

$$V=E_{emf} - I_r$$

فرایند تبدیل انرژی در باتری با گذشـت زمان افزایش مقاومت الکتریکی داخلی یا کاهش انرژی پتانسـیل اولیه همراه است. مقدار مقاومت داخلی به نوع باتری و طرز ساختش وابسته‌است.

### شارژ باتری



در باتری فرسوده، مقاومت داخلی به قدری زیاد است که با عبور جریان، ولتاژ دو سر باتری به سرعت افت





می‌کنـد و باتری قابلیت تامین انـرژی الکتریکی مفید را ندارد. در برخی باتری‌ها بـا گذراندن جریانی در جهت مخالـف جریان، به هنگامی که باتـری کار عادی‌اش را انجام می‌دهد، می‌توان باتری را دوباره باردار یا شـارژ کرد. در فرایند شارژ باتری انرژی پتانسیل در آن ذخیره می‌شود البته تعداد دفعات شارژ باتری به خاطر برگشت ناپذیری فرایندهای تبدیل انرژی، محدود است.

## فرایندهای تبدیل انرژی در باتری

در باتـری خشـک معمولی، بر اثر واکنش مـاده آند (قطب مثبت) و ماده کاتد (قطـب منفی) با الکترولیتی کـه محیط بین آند و کاتد را تشـکیل می‌دهد، انرژی شـیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شـود. در باتری خورشـیدی، انرژی الکترومغناطیسـی نور تابیده شده به سلول‌های خورشیدی، با جداسازی‌های مثبت و منفی درون باتری، به شکل انرژی الکتریکی در می‌آید.

## توان الکتریکی باتری

توانـی که هر باتری بر حسـب وات تامین می‌کند، برابر حاصل‌ضرب نیروی محرکه الکتریکی (بر حسـب ولت) در شـدت جریان الکتریکی باتری I (برحسـب آمپر) می‌باشد. در کاربردهایی با توان زیاد از جمله استارت زنی اتومبیل موتور اتومبیل، میزان توان‌های تامین شده در فواصل زمانی کوتاه به بیش از ۱۰۰۰ وات می‌رسد. در کاربرد کم توان در وسـایل الکترونیکی ظریف، مانندسمعک‌ها و سـاعت‌های کامپیوتری، میزان توان‌های تامین شده در حدود چند میلی وات است.

## خطرات و نقایص باتری

***خطرات و نقایص مربوط به باتری عبارتند از :***

- انفجار
- نشتی
- ملاحظات زیست محیطی

## انفجار

پدیده انفجار باتری عموماً ناشـی از عدم کاربرد یا کارکرد صحیح باتری اسـت. به عنوان مثال تلاش برای شـارژ نمودن مجدد باتری‌های یک بار مصرف یا غیر قابل شـارژ، اتصال کوتاه نمودن دو قطب مثبت و منفی باطری می‌تواند باعث انفجار این منبع انرژی الکتریکی شود.



## نشتی

در بعضی از باتری‌ها از مقوا، فلز روی و مواد شیمیایی استفاده می‌شود. واکنش شیمیایی درون باتری در مدت زمان طولانی، باعث خروج و نشت مواد شیمیایی داخل باتری به بیرون شده و ایجاد خوردگی شیمیایی در قطعات فلزی دستگاه‌ها که اطراف باتری قرار دارند می‌نماید.

## ملاحظات زیست محیطی

افزایش استفاده از باتری‌ها و کاربردهای وسیع آن باعث افزایش زباله‌های صنعتی و مشکلات زیست محیطی جدید این محصول شده است. تولید کنندگان باتری از مواد شیمیایی خطر ناک برای ایجاد کارايي بهتر باتری‌های تولیدی خود استفاده می‌کنند. زباله‌های باطری باعث بالا رفتن آلودگی محیط زیست به سموم مهلک فلزی باتری‌ها شده است.

## باتری‌های امروزی

امروزه باتری‌هایی می‌توان ساخت که به طور متوسط در کاربردها پنج سال عمر مفید دارند. باتری‌ها در بهره گیری از وسایل الکترونیکی نقش مهمی ایفا می‌کنند.

انواع باتری‌های امروزی عبارت است از:

۱- باتری‌های نیروگاهی (GROE-OGI-OPZS-FNC)

۲- باتری‌های آنتن‌های مخابراتی باتری‌های مخابراتی NET Power-power

۳-باتری‌های مورد استفاده در سامانه‌های ریلی و مترو

۴-باتری‌های مورد استفاده در پروژه‌های نفت، گاز و پتروشیمی (FNC)

۵-باتری‌های خورشیدی (Solar)

۶-باتری‌های مورد استفاده در ups

۷- باتری‌های منابع تغذیه (SLA - VRLA)

۸-باتری‌های اتومبیل، لیفتراک و موتورسیکلت

۹-باتری‌های سامانه‌های حفاظتی، روشنایی، امنیتی و سامانه‌های کنترل و...

## کریستال کوارتز

کریستال کوارتز یا قطعه ی جادویی الکترونیک، نوعی سنگ معدن از نوع دی‌اکسیدسیلیس است، کریستالی که دارای خاصیت piezo electric بوده و درصورتی که تحت فشار الکتریکی قرار داده شود مرتعش می‌شود و بر عکس، یعنی تحت فشار مکانیکی، جریان الکتریکی تولید می‌نماید. از این خاصیت در



میکروفن‌های کریستالی و گوشی‌های کریستالی استفاده می‌شود. بیشتر در فرستنده‌ها کاربرد دارد؛ شاید بدانید تغییر مجاز برای فرکانس کاری فرستنده‌ها ۲۰ هرتز است که در صورت خطای بیش از ۲۰ هرتز محل دریافت فرستنده در رادیو جای ثابتی نخواهد داشت و دریافت آن غیر ممکن خواهد شد. علت خطای فرستنده‌ها ناشی از ضریب حرارتی و درصد خطای زیاد قطعات اصلی بکار رفته در آنها می‌باشد که برای حل این مشکل فقط از کریستال کوارتز می‌توان استفاده نمود. این عنصر درصدخطا را یک هرتز برای 1MHz کاهش می‌دهدکه بسیار قابل توجه است. برای حفظ ثبات فرکانس کریستال کوارتز آن را در پوشش فلزی ضخیم قرار می‌دهند تا تحت تاثیر حرارت، خطایش بالا نرود. یک کریستال کوارتز به مدت یک سال می‌تواند با دقت کار کند و بعد از آن لازم است آن را تعویض نماییم.

## آمپرسنج و ولت‌سنج

جریان الکتریکی از جاری شدن بار الکتریکی حاصل می‌شود. یک آمپرسنج میزان این جریان را اندازه می‌گیرد و از این رو جریان باید از داخل آمپرسنج عبورکند. برای اندازه‌گیری جریان، مدار را قطع و آمپرسنج را در محل قطع شدن مدار قرار می دهیم. باید توجه داشت که در اندازه‌گیری جریان‌های DC جریان به سر مثبت آمپرسنج وارد شود یعنی سر مثبت آمپرسنج باید به طرف مثبت مداری که قطع شده، وصل شود. مقاومت داخلی یک آمپرسنج ایدآل صفر است یعنی تاثیری روی جریان مدار ندارد.

***ولت‌سنج :*** یک ولت‌سنج را برای اندازه‌گیری نیروی محرکه یک منبع الکتریکی و یا اختلاف پتانسیل بین دو نقطه در یک مدار بکار می‌برند. در همه حالات، ولتاژهایی بین دو نقطه وجود دارد، یعنی آنچه را اندازه می‌گیریم، اختلاف ولتاژ یک نقطه نسبت به نقطه دیگر است و از این رو سیم‌های ولت‌سنج را به دو نقطه‌ای که اختلاف پتانسیل آنها مورد نظر است وصل می‌کنیم. ایدآل این است که مقاومت داخلی ولت‌سنج بینهایت باشد، یعنی تاثیری روی ولتاژ المان نداشته باشد.

***اهم‌سنج :*** اهم‌سنج وسیله‌ای است که مقاومت یک مدار یا عنصر را اندازه می‌گیرد. قبل از اندازه‌گیری یک مقاومت، منبع ولتاژ را از مدار یا عنصر مورد نظر جدا کنید تا از آسیب‌زدن به اهم‌سنج جلوگیری شود، سپس عنصر مورد نظر را از قسمت‌های دیگر مدار جدا کنید (حداقل یک سر آن را جدا کنید) تا از خطای ناشی از موازی یا سری شدن با سایر قطعات جلوگیری شود.

## مولتی‌مترها

مولتی‌متر دستگاهی است که به وسیله آن می‌توان چند کمیت مختلف را اندازه‌گیری کرد. تمام مولتی‌مترها با جزئی اختلاف مانند یکدیگر هستند.

***مولتی‌مترها از نظر ساختار بر دو نوع می باشند :***

***مولتی‌مترهای عقربه‌ای AVO :*** این وسیله از یک میلی آمپرسنج استفاده می‌کند و با کمک یک جفت کلیدهای چرخان، مقادیر جریان ولتاژ و مقاومت را در گستره‌های وسیعی اندازه می‌گیرد.

**مولتی‌مترهـای دیجیتالـی *DMM*:** بـرای غلبه بر مشـکلات مولتی‌مترهای عقربه‌ای از جملـه دقت پایین و طرز خواندن مقادیر و همچنین آسـیب دیدگی قطعات مکانیکی آن در برخورد با عوامل فیزیکی مانند ضربه یا رطوبت و... از مولتی‌مترهای دیجیتالی اسـتفاده شـد که امروزه جایگزین مولتی‌مترهای عقربه‌ای شده‌اند. این مولتی‌مترها با قرار گرفتن در درجه مناسب مقادیر را به صورت رقم روی LCD خود نمایش می دهند.

مولتی‌متر دیجیتال از یک قاب متحرک تشـکیل شـده است که در داخل یک میدان مغناطیسی دائمی قرار گرفته و میزان چرخش آن را به صورت سیگنال نشان می‌دهد. وقتی جریان معینی از قاب عبور می‌کند، صفحه دیجیتال متصل به آن تغییر کرده و مقدار جریان را نشان می‌دهد. روی صفحه آوومتر قسمت‌های زیر مشاهده می‌شود:

۱- صفحه دیجیتال

۲- کلید انتخاب یا سلکتور

۳- ترمینال‌ها و دکمه‌های تنظیم کننده

در مولتی‌متر مورد نظر روی صفحه، برای کمیت‌های مختلف در چهار ردیف قوس‌های مدرج دیده می‌شود که هر ردیف به درجات مختلف تقسـیم شـده اسـت. روی صفحه علائم، V برای اختلاف پتانسیل، A ، برای شـدت جریان، Ω برای مقاومت الکتریکی، AC برای جریان متناوب و DC برای جریان مسـتقیم به کار رفته اسـت. معمولاً درجه بندی مربوط به مقاومت الکتریکی از راسـت به چپ و سایر درجه بندی‌ها از چپ به راست می‌باشد.

سـلکتور کلیدی است که می‌تواند روی صفحه دایره شـکل حول خود حرکت کند. در محیط دایره درجاتی اسـت که حوزه کار دسـتگاه را نشـان می‌دهد. اعدادی که کلید سـلکتور مقابل آنها قرار داده می‌شـود ممکن اسـت کوچکتر یـا بزرگتر از درجات قوس‌های مدرج باشـند. در عمل، حوزه کار انتخاب شـده را برآخرین عدد قوس مدرج تقسـیم نموده، حاصل تقسـیم را که ضریب قرائت نامیده می‌شـود در عدد متقابل به عقربه ضرب می‌نماییم. باین ترتیب مقدار کمیت به دست می‌آید.

***هنگام کار با دستگاه مولتی‌متر توجه به نکات زیر ضروری است :***

- برای اندازه‌گیری شدت جریان باید دستگاه را به طور سری در مدار قرار داد.
- برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل باید دستگاه را به طور موازی بین دو نقطه از مدار قرار داد.
- هنگام اندازه‌گیری مقاومت لازم است جریان برق را قطع کنیم. در غیر این صورت به دستگاه آسیب می‌رسد.
- دستگاه را با احتیاط جا به جا می‌کنیم و از وارد آمدن ضربه به آن و یا سقوط دستگاه جلوگیری می‌نماییم.
- پیچ تنظیم صفر دستگاه را نباید دستکاری کرد، زیرا این بخش از دستگاه خیلی حساس است و ممکن است فنر مربوط به آن قطع و دستگاه خراب شود.





- همیشه هنگام اندازه‌گیری کمیت‌ها، کلید سلکتور را روی بیشترین درجه قرار می‌دهیم و در صورت لزوم به تدریج آن را کاهش می‌دهیم تا به دستگاه لطمه‌ای وارد نشود.
- حتی الامکان کلید سلکتور را در جهت حرکت عقربه‌های ساعت می‌چرخانیم، به علاوه چرخاندن سریع کلید سلکتور برای دستگاه خالی از ضرر نیست.

## طرز کار مولتی‌متر دیجیتال

***طرز اندازه‌گیری مقاومت :***

کلید سـلکتور را روی بیشترین پله (Range) مقاومت قرار می‌دهیم، فیش سیاه رنگ را درون ترمینال (-) یا (com) مشترک و فیش قرمز را در درون ترمینالی که مربوط به مقاومت یا (+) است قرار می‌دهیم. سر دیگر آنها را به طرز مناسبی به طرفین مقاومت مورد نظر وصل می‌کنیم و مقاومت را می‌خوانیم.

***طرز اندازه‌گیری ولتاژ مستقیم :***

سلکتور را برروی DC آورده و فیش سیاه رنگ را درون ترمینال COM و فیش قرمز را درون ترمینال (+) یا ترمینالی که مربوط به ولت اسـت قرار می‌دهیم. سـر دیگر آنها را به طور مناسب به قطبین مولد یا دو نقطه از مدار وصل می‌کنیم و ولتاژ را اندازه‌گیری می‌کنیم.

***طرز اندازه‌گیری شدت جریان مستقیم (mA) DC:***

یکی از فیش ها را به COM و دیگری را به mA وصل و دو سـر فیش را هم به قطبین مولد یا دو نقطه از مدار متصل می‌کنیم و شدت جریان را اندازه‌گیری می‌کنیم.

***طرز اندازه‌گیری ولتاژ متناوب (V) AC:***

کلید سلکتور را روی (V) AC و یکی از فیش ها را درون ترمینال COM و دیگری را به ترمینال مربوط به ولت وصل می‌کنیم.

***طرز اندازه‌گیری شدت جریان متناوب (A) AC:***

فیش سـیاه رنگ را درون ترمینال COM و فیش قرمـز را درون ترمینال مربوط به mA وصل می‌کنیم (یا در صورت لزوم به ترمینال ۱۰A وصل می‌کنیم).

## سوئیچ

نماد ساده‌ترین شکل سوئیچ‌ها را در تصویر (۱i-۱۰) مشاهده می‌کنید. به دلیل تنوع در سوئیچ‌ها، مصارف مختلفی نیز برای آن‌ها وجود دارد. برای مثال یک سوئیچ دو قطبی (۱j-۱۲) دو اتصال عملکردی دارد. در حالت اول به نقاط ۱ و ۲ و در حالت دوّم به نقاط ۱ و ۳ اتصال می‌یابد. سوئیچ‌هایی با تعداد اتصالات عملکردی بیش‌تر هم وجود دارند. تصویر (۱k-۱۲) مثالی از سوئیچ گردشی با ۴ حالت اتصال است.

## نمادهای اتصال به زمین

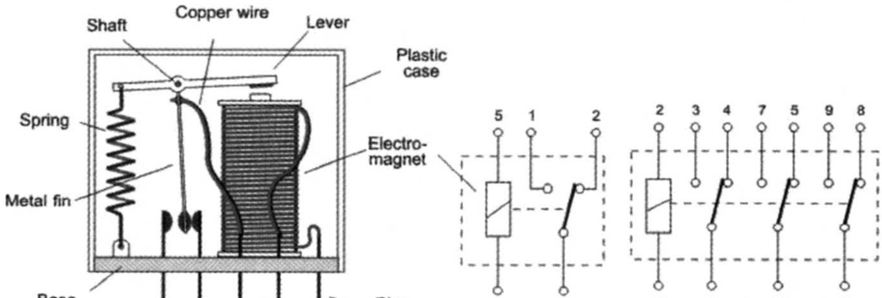
زمینه مدار (ground) و اتصال به زمین (grounding)، دو مقوله کاملاً متفاوت‌اند از ولی در صورت استفاده‌ی همزمان در یک مدار، معمولاً به هم وصل می‌شوند. در مورد ابزارهای الکتریکی که محفظه فلزی دارند، اتصال به زمین، به محفظه فلزی وصل می‌شود.

در تصاویر ضمیمه شماره یک، نمادهای (درگاه‌های login) و ICهای دیجیتال گوناگون را می‌بینید. باید به خاطر بسپارید که درگاه‌های login اصلی (AND، OR، XOR، Inverter و...) هرگز به صورت مجزا و تکی، تولید نمی‌شوند این قطعات معمولاً به صورت مجموعه‌ای در یک IC قرار می‌گیرند اما به منظور جلگیری از سردرگمی، در بلوک‌های جداگانه به بازار عرضه می‌شوند، این قطعات به ولتاژ DC نیاز دارند که این نکته ممکن است در شماتیک مدار ذکر شود یا ذکر نشود. این ولتاژ مورد نیاز، ممکن است با توجه به ساختار داخلی و تکنولوژی به کار رفته در ساخت انواع مختلف، متغیر باشد. اطلاعات دقیق‌تر را می‌توان در برگه‌ی راهنمای همراه قطعه که شرکت سازنده تنظیم کرده، پیدا کرد.

## رله‌ها (Relays)

رله، یک ابزار الکترومکانیکی است که در اتصال دو مدار متفاوت به یکدیگر، مورد استفاده قرار می‌گیرد. رله‌ها می‌توانند یک مدار ولتاژ پایین یا کم جریان را به یک مدار ولتاژ بالا یا جریان وصل کنند و در واقع دو مدار را از هم مجزا کنند. ساده‌ترین نوع رله‌ها، یک ردیف رابط دارند.

درون رله‌ها، سیم‌پیچ استوانه‌ای شکل (Solenoid) وجود دارد که در صورت ذخیره انرژی، هسته مرکزی آن، مغناطیسی شده و یک زبانه به هسته نزدیک‌تر خواهد شد. به این زبانه، یک رابط متصل است که خود از طریق اتصال به رابط دوّم، مداررا تشکیل می‌دهد. اتصالات را به نام‌های (اصلی) برای اتصال متحرک، (باز) و (بسته) نام‌گذاری می‌کنند. جهت توضیحات بیش‌تر، به دیاگرام زیر توجه کنید.




**تصویر ۱-۱۲ :** *a: ساختار درونی و نماد رله (Relay) .B رله‌ای با سه جفت رابط .*

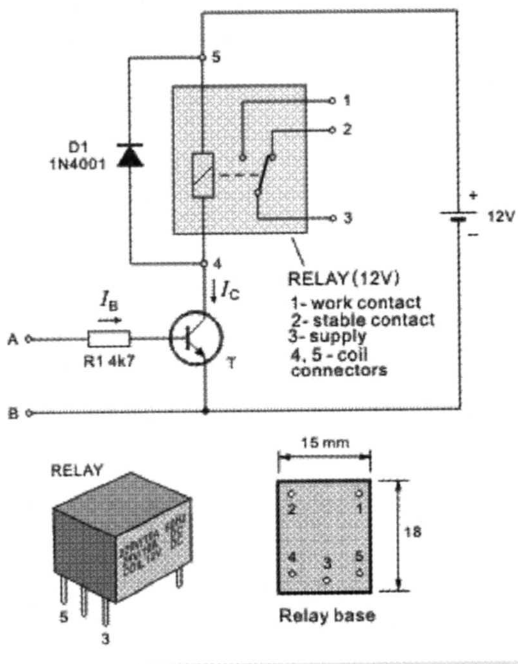
از رله‌ها ممکن است به عنوان گردآورنده‌ی بار الکتریکی ترانزیستور، استفاده شود (مانند تصویر ۳-۱۲)

وقتی شـدت جریان کافی به سمت ترانزیستور شـارش می‌یابد، رله فعال می‌شود و هر دستگاهی به رابط‌های آن متصل است، به کار می‌افتد.

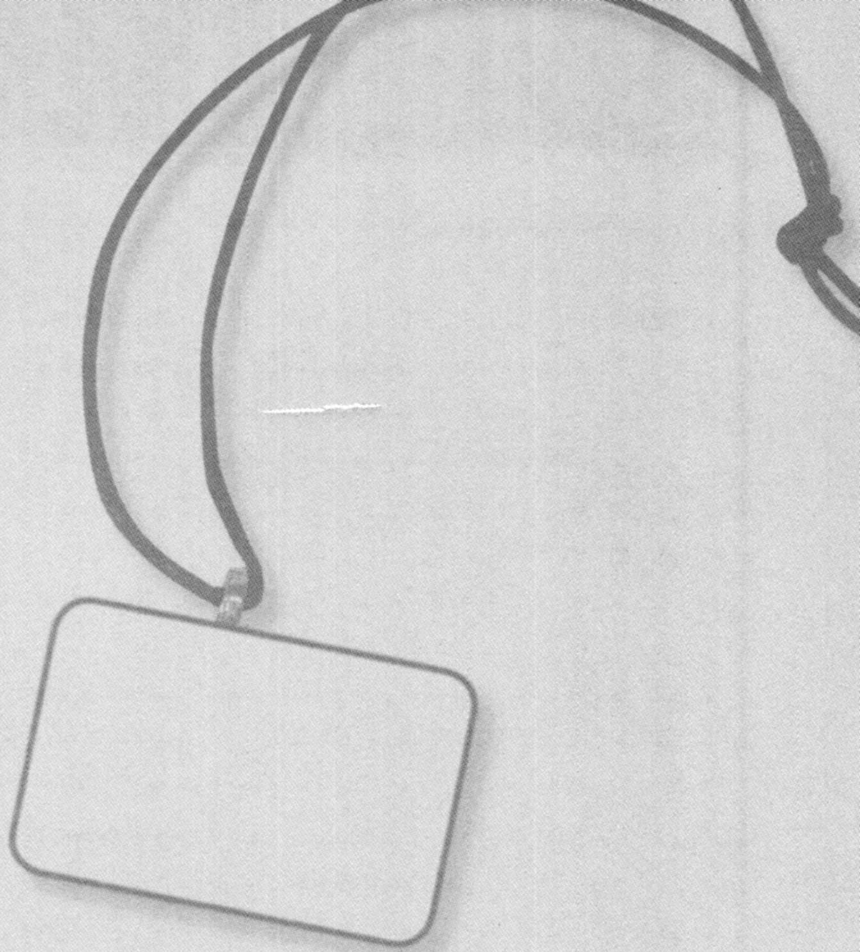
از آنجـا کـه رله، یک قطعه‌ی الکترومغناطیس اسـت و در آن قطعات متحرک وجـود دارند، طول عمر آن محدود اسـت و نمی‌توان از آن در سـوئیچ‌های بر سرعت اسـتفاده کرد. به طور مثال استفاده از آن در فلشر (که چندین قطع و وصل متوالی در هر سـاعت دارد) اسـتفاده کرد. هر باز شـدن یا بسته شـدن رابط‌ها، یک جرقه (هرچند ضعیف) ایجاد می‌کند که این امر یکی از عوامل کاهش طول عمر این قطعه به شمار می‌رود.

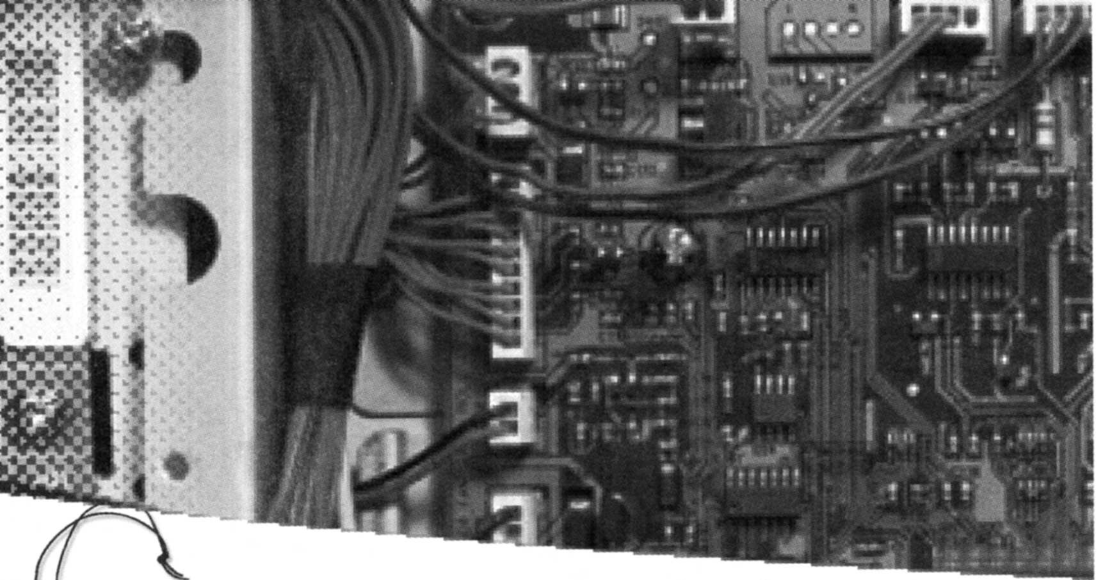
میـزان ولتـاژ و مقاومتی کـه در آن رله، اهرم را به پایین می‌کشـد و کلید را وصل می‌کنـد، به میزان ولتاژ ورودی سـیم‌پیچ در ساختار آن بسـتگی دارد. ولتاژهای معمول برای سیم‌پیچ‌های آن، ۳V، ۵V، ۶V، ۱۲V و ۲۴V اسـت که بر روی محفظه رله‌ها چاپ می‌شـود. این مقادیر هم مربوط به ولتاژهای DC هستند. رله‌هایی که سـازگار با ولتاژ AC هسـتند، ولتاژهای ۲۳۰V/۲۵۰V را نیز تحمل می‌کنند. شـدت جریان خروجی از رله‌ها به میزان مقاومت سـیم‌پیچ آن‌ها وابسته است. مقاومت سیم‌پیچ‌ها می‌تواند بوسیله یک مالتی‌متر، اندازه‌گیری شـود. شدت جریان شـارش یافته در سیم‌پیچ، از قانون اهم، قابل محاسبه اسـت. برای مثال: در رله‌ی ۱۲V، مقاومت سیم‌پیک، ۳۰۰ اهم است و این امر بدین معناست که شدت جریان برابر است با:

ولتاژ رابط‌های رله، بر روی محفظه‌ها هم ذکر شـده اسـت (که همان بیش‌ترین میزان قابل تحمل قطعه است). ولتاژ بیش از حد، ممکن است درون رله، جرقه ایجاد کرده و به رابط‌ها آسیب بزند. حداکثر میزان شدت جریان که در یک رله قابل استفاده است، بر روی محفظه‌ی آن ذکر می‌شود که غالباً بیش‌تر از ۱A خواهد بود.




**تصویر ۲-۱۲ .** *نقش رله به عنوان گردآورنده‌ی جریان الکتریکی مقاومت*







# فصل سیزدهم

## سنجش و کنترل قطعات

هنگام کار با دستگاه مولتی‌متر توجه به نکات زیر ضروری است :

- برای اندازه‌گیری شدت جریان باید دستگاه را به طور سری در مدار قرار داد.
- برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل باید دستگاه را به طور موازی بین دو نقطه از مدار قرار داد.
- هنگام اندازه‌گیری مقاومت لازم است جریان برق را قطع کنیم. در غیر این صورت به دستگاه آسیب می‌رسد.
- دستگاه را با احتیاط جا به جا می‌کنیم و از وارد آمدن ضربه به آن و یا سقوط دستگاه جلوگیری می‌نماییم.
- پیچ تنظیم صفر دستگاه را نباید دستکاری کرد، زیرا این بخش از دستگاه خیلی حساس است و ممکن است فنر مربوط به آن قطع و دستگاه خراب شود.
- همیشه هنگام اندازه‌گیری کمیت‌ها کلید سلکتور را روی بیشترین درجه قرار می‌دهیم و در صورت لزوم به تدریج آن را کاهش می‌دهیم تا به دستگاه لطمه ای وارد نشود.
- حتی الامکان کلید سلکتور را در جهت حرکت عقربه‌های ساعت می‌چرخانیم، به علاوه چرخاندن سریع کلید سلکتور برای دستگاه خالی از ضرر نیست.

فرض کنید قطعات مداری را درست طبق نقش شماتیک آن کنار هم قرار می‌دهیم و همه چیز ظاهراً خوب پیش می‌رود ولی در آخر... مدار آن طور که پیش‌بینی می‌کردیم کار نمی‌کند. حتی از این هم بدتر! مدار هیچ‌گونه علائم حیاتی نشان نمی‌دهد شما چه می‌کنید؟ در مرحله اول، اتصالات مکانیکی مدار را (سیم‌های متصل نشده، شکستگی در صفحه مدار، اتصالات نامناسب باتری‌ها، خار آسیب دیده‌ی قطعات، لحیم‌کاری‌ها و...) چک کنید.

چنان‌چه نتیجه‌ای نگرفتید، بهتر است درجه ولتاژ، جریان و... را که روی قطعات ذکر شده با نقشه شماتیک مقایسه کنید. ممکن است قطعه‌ای را برعکس کار گذاشته باشید یا مقادیر ولتاژ و... را بدرستی نخوانده باشید. (شاید به حرف k جلوی ohm دقت نکرده‌اید یا منبع تغذیه را به پین نادرستی در IC وصل کرده باشید. گام بعدی آزمایش هر قطعه روی بورد است.

آزمایش عیب‌یابی را با اندازه‌گیری ولتاژهای DC در نقاط مشخصی از بورد شروع کنید و مقادیر آن را با نقشه شماتیک مقایسه کنید. بنابراین با علم بر عملکرد مدار، قطعاتی را حذف کنید تا بتوانید از این طریق قطعه مشکل ساز را بیابید. اگر تعداد این قطعات دردسر ساز زیاد است، در دستگاه‌های پیچیده، آزمایش را بر روی مجموعه‌ای از قطعات انجام دهید. همیشه آزمایش را برخلاف جهت لحیم‌کاری انجام دهید (یعنی با قطعاتی که آخرین بار لحیم‌کاری شده‌اند شروع کنید) چرا که این قطعات معمولاً حساس‌ترین قطعات موجود در مدار (ICها، ترانزیستورها، دیودها و...) هستند.

سریع‌ترین و ساده‌ترین راه برای شروع آزمایش عیب‌یابی، استفاده از اهم‌متر (اهم سنج) است. اهم سنج معمولاً در یک دستگاه مشترک، به همراه ولت‌سنج و آمپرسنج قرار گرفته است که به مجموع آن‌ها AVOسنج یا مالتی‌متر گویند.

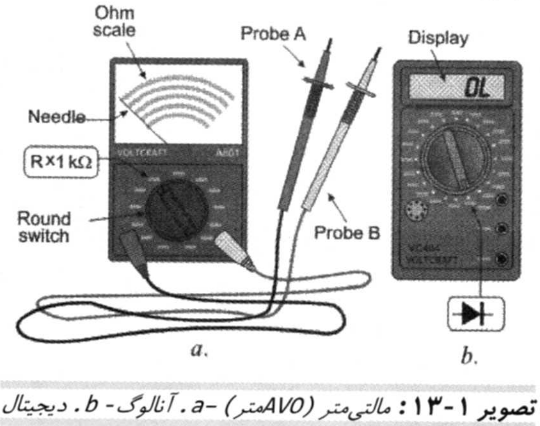
ایمن‌ترین و دقیق‌ترین روش، آن است که لحیم قطعه را باز کنیم و آن را از بورد جدا کنیم. چرا که قطعات دیگر می‌توانند نتیجه آزمایش را تحت‌الشعاع قرار دهند، بنابراین در آزمون مدارها نهایت دقت را به کار ببندید.

## مالتی‌متر

مالتی‌مترها، در دو نوع آنالوگ و دیجیتال وجود دارند.انواع آنالوگ در گذشته کاربرد داشتند که به دلیل استفاده از عقربه جهت تشخیص، قدری در صحت قرائت دقیق، مشکل‌ساز بودند.

انواع دیجیتال، صفحه نمایشی دارند که قرائت را دقیق‌تر و آسان‌تر می‌کند. هر دو نوع دیجیتال و آنالوگ، در ابعاد و ظرفیت‌های مختلفی تولید می‌شوند. قیمت آن‌ها از چند هزار تا چند صد هزار تومان متغیر خواهد بود.

در تصویر ۱-۱۳، هر دو نوع را مشاهده می‌کنید.

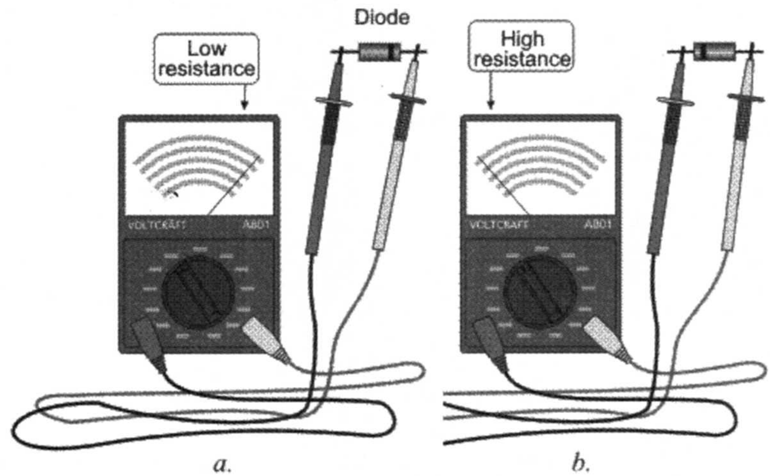



**تصویر ۱-۱۳:** *مالتی‌متر (AVOمتر) -a. آنالوگ- b. دیجیتال*

## سنجش دیودها

در استفاده از یک ابزار آنالوگ، جهت آزمون دیودها، سر و ته دیود، عقربه را در دو قطب کاملاً مخالف قرار می‌دهند. عقربه، میزان مقاومت دیود را نشان نمی‌دهد بلکه جهت شارش شدت جریان را به نمایش می‌گذارد.

چنان‌چه میزان نشان داده شده توسط عقربه، در دو جهت متفاوت، با هم برابر یا نزدیک، دیود نقص داشته و باید تعویض شود.



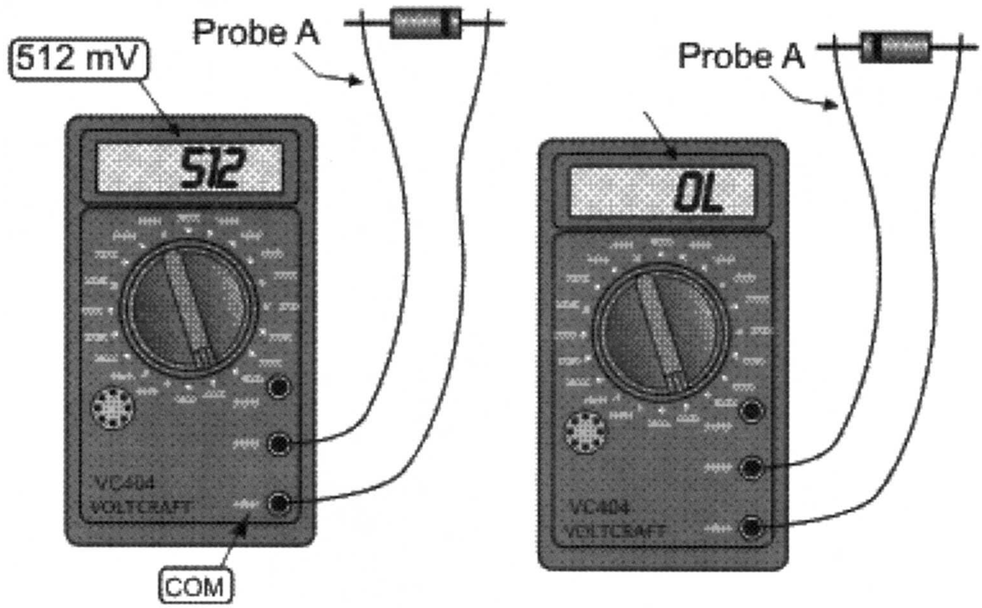

**تصویر ۲-۱۳ :** *آزمایش دیود (استفاده از ابزار آنالوگ)*

در ابزارهای دیجیتال، درجه خاصی جهت سنجش دیودها تعبیه شده است (تصویر 13-1b). هنگامی که ما پروب‌ها را به هم وصل می‌کنیم، مالتی‌متر، صدا ایجاد می‌کند و اتصال کوتاه را نشان می‌دهد. وقتی پروب‌ها از هم جدا می‌کنیم، صدا از بین می‌رود و نماد مدار باز، به نمایش گذاشته می‌شود(0؟؟؟ یا ۱).

حال مطابق تصویر 13-3a، پروب‌ها را به دیود وصل می‌کنیم و مطابق تصویر 13-3b، بار دیگر آن را معکوس می‌کنیم. در صورت صحت عملکرد دیود، یکی از این ارقام، کمینه ولتاژ و دیگری بیشینه ولتاژ خواهد بود (بین ۴۰۰-۸۰۰ میلی‌ولت).

آند، همان انتهای دیود است که به پروبA وصل می‌شود. در صورت شنیدن صدا از دستگاه دیجیتال، دیود به درستی کار نمی‌کند (بدین معنا که دستگاه، اتصال کوتاه (مدار بسته) را تشخیص داده است).

آزمودن ترانزیستورها هم مشابه دیودهاست چرا که عملکرد آن‌ها همانند دو دیود متصل به هم است. با توجه به تصویر 13-4b، پروب مثبت، به پایه وصل می‌شود و پروب منفی ابتدا به گردآورنده (Collector) و سپس به ساتع‌کننده (emitter) وصل می‌شود، که در هر دو حالت، مقاومت باید پایین باشد. در مرحله بعد مشابه دیود عمل می‌کنید و تنها جای پروب‌ها را تعویض می‌کنید. پروب منفی، به پایه وصل می‌شود و گردآورنده و ساتع‌کننده را با یک پروب مثبت، می‌آزمایید.



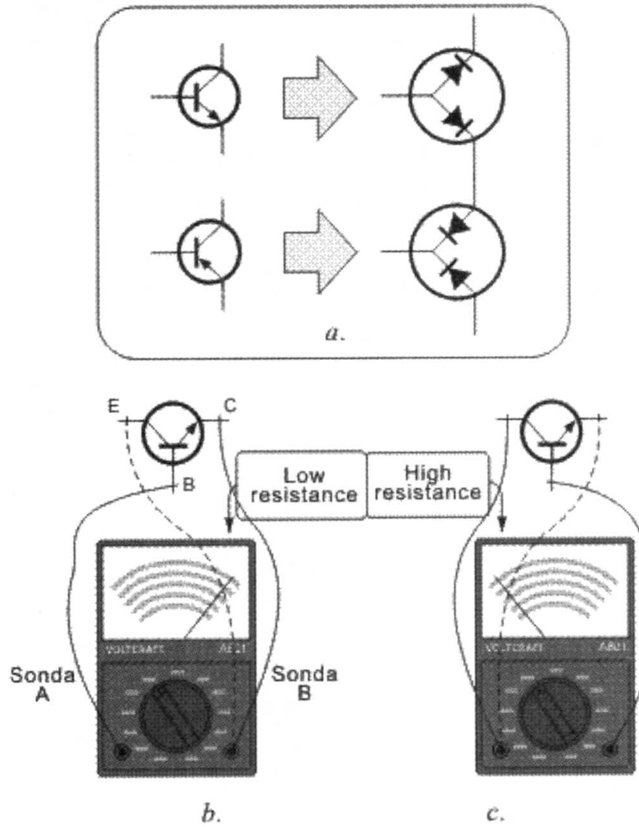

**تصویر ۳-۱۳ :** *آزمودن دیود (استفاده از ابزار دیجیتال)*

## سنجش ترانزیستورها

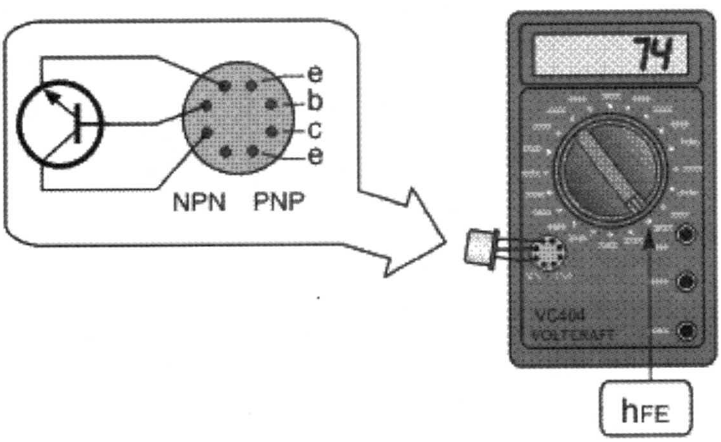
در آزمودن ترانزیستورهای PNP، تمامی مراحل مشابه گذشته‌اند ولی ارقام حاصله، معکوس‌اند: در تصویر ۱۳-۴a، این ارقام بالا هستند و در ۱۳-۴c، برعکس.

چنان‌چه در آزمودن ترانزیستور، از یک ابزار دیجیتال استفاده کنید، فرایند مشابه دیودها خواهد بود. هر دیود، ارقامی بین ۴۰۰mv تا ۸۰۰mv را به نمایش می‌گذارد. بسیاری از مالتی‌مترهای دیجیتال مدرن، برای سنجش ترانزیستورها، دو سوکت دارند. مطابق تصویر ۱۳-۵a، یکی از سوکت‌ها، مختص ترانزیستورهای با توان متوسط و پایین است و در صورتی که بخواهیم ترانزیستورهای پرتوان را ارزیابی کنیم، ابتدا باید دو سیم باریک (۰/۸mm) به پایه‌های آن وصل کنیم.

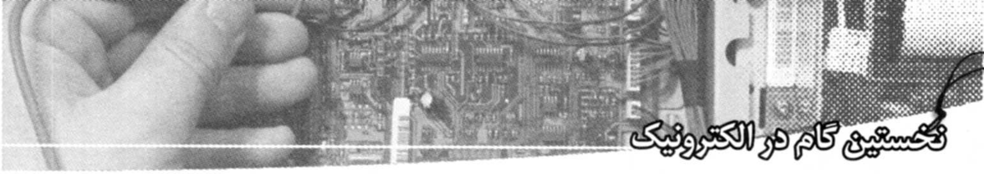
چنان‌چه در تصویر ۱۳-۵ مشاهده می‌کنید، یک ترانزیستور، با توجه به نوع آن (NPN یا PNP) به سوکت وصل شده است و درجه دستگاه بر روی hFE قرار دارد. اگر ترانزیستور عملکرد درستی داشته باشد، صفحه نمایش، رقمی را نشان می‌دهد که بیان‌گر ضریب تقویت شدت جریان است. چنان‌چه به طور مثال در آزمایش یک ترانزیستور مفروض، رقم ۷۴، مشاهده شد، معنای آن ۷۴ برابر بودن شدت جریان در گردآورنده نسبت به شدت جریان در پایه است.




**تصویر ۴-۱۳ :** *آزمودن ترانزیستور*




**تصویر ۵-۱۳ :** *محاسبه ضریب تقویت شدت جریان در ترانزیستور*





## مبدل‌ها و سیم‌پیچ‌ها

مبدل‌ها از طریق اندازه‌گیری میزان مقاومت سیم مسی، آزموده می‌شوند. از آنجا که سیم‌پیچ لایه اول، تعداد پیچ‌های بیش‌تری نسبت به سیم‌پیچ دوّم دارد، و با یک لایه سیم نازک‌تر پوشش داده شده است. مقاومت آن بالاتر بوده و مقدار آن در حدود چند ده اهم (در مبدل‌ها پرتوان) تا چند صد اهم متغیر است. مقاومت ثانویه، پایین‌تر بوده و از چند اهم تا چند ده اهم متغیر است. در صورتی که مالتی‌متر درجه‌ی ∞ (بی نهایت) را نشان دهد، بدین معناست که سیم‌پیچ، اتصال ضعیفی دارد. یا پیچ‌ها در برخی نقاط قطع شده‌اند. آزمون سیم‌پیچ‌ها نیز مشابه مبدل‌ها بوده و به مقاومت آن‌ها بر می‌گردد. همانند آنچه در مورد مبدل‌ها ذکر شد، مقاومت بی‌نهایت به معنای قطع شدگی است.

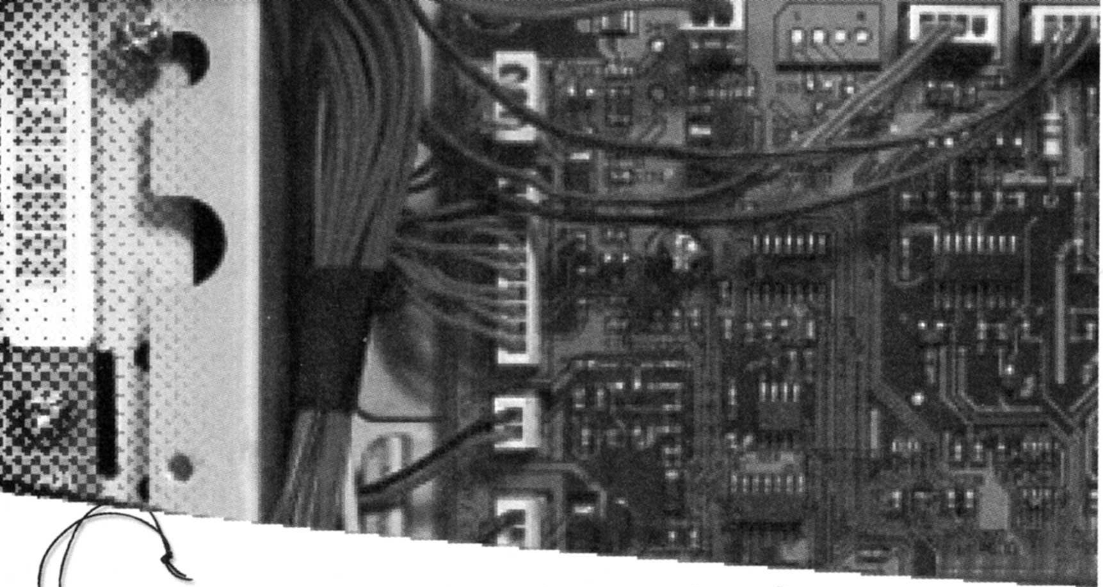
## خازن‌ها

خازن‌ها باید علامت بی‌نهایت را روی صفحه نشان دهند. استثنائاتی نیز وجود دارد که از آن جمله می‌توان به خازن‌های الکترولیتی و خازن‌های بلوک‌کننده‌ی بسیار قوی، اشاره کرد. هنگامی که انتهای مثبت یک خازن الکترولیتی، به پروب مثبت یک دستگاه آنالوگ وصل می‌شود، و سرمنفی آن به یک پروب منفی، عقربه به تدریج به بی‌نهایت میل می‌کند. این پدیده، نشان‌دهنده‌ی سالم بودن خازن است که حین آن، خازن شارژ می‌شود. خازن‌های متغیّر بوسیله اتصال اهم‌سنج، آزموده می‌شوند. عقربه همیشه باید بی‌نهایت را نشان دهد. چرا که هر مقدار دیگر، نشان‌دهنده‌ی اتصال روتور (rotor) و استاتور (Stator) است.

## اسپیکرها و هدفون‌ها

در آزمون اسپیکرها، رقم ذکر شده روی اسپیکر، امپدانس است که در واقع با مقاومت DC آن متفاوت خواهد بود. در حین اندازه‌گیری اسپیکر توسط یک دستگاه آنالوگ، باید صدای کلیک مانندی در زمان اتصال پروب‌ها به قطعه بشنوید.







# فصل چهاردهم

## کاوشگر رسانایی

کاوشگر رسانایی، یک ابزار ساده اما کاربردی بوده و قادر است خطا در عملکرد قطعاتی همچون: دیودها، ترانزیستورها، سیم‌پیچ‌ها، ترانسفورمرها، اسپیکر، هدفون‌ها، خازن‌ها، سوییچ‌ها، جامپرها، کابل‌ها، و... را تشخیص دهد. استفاده از این ابزار بسیار سریع‌تر و ساده‌تر از دیگر ابزارهای متفرقه است.

در تصویر ۱-۱۴ نمای شماتیک این ابزار را مشاهده می‌کنید. این دستگاه، یک نوسان‌ساز صوتی است. وقتی که نقاط A وB توسط یک سیم مسی به هم متصل می‌شوند، یک شدت جریان متغیر در ترانزیستورها شارش میابد و ایمپالس‌هایی ایجاد می‌کند. این امر بدین معناست که به محض اتصال نقاط A و B شدت جریان تا سرحد خاصی افزایش یافته و سپس مجددا به صفر باز می‌گردد. در بازه‌ی زمانی خاصی، هیچ شدت جریانی وجود ندارد و بصورت چرخه‌ای مجددا افزایش یافته و به همین صورت ادامه میابد. بدلیل تغییرات مکرر در شدت جریان، این نوع شدت جریان را شدت جریان آستانه‌ای (spike) می‌نامند. جریان گردآورنده ترانزیستور T۲ به درون اسپیکر شارش میابد که صوت ایجاد کرده، و فرکانس پایه‌ی آن از طریق رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

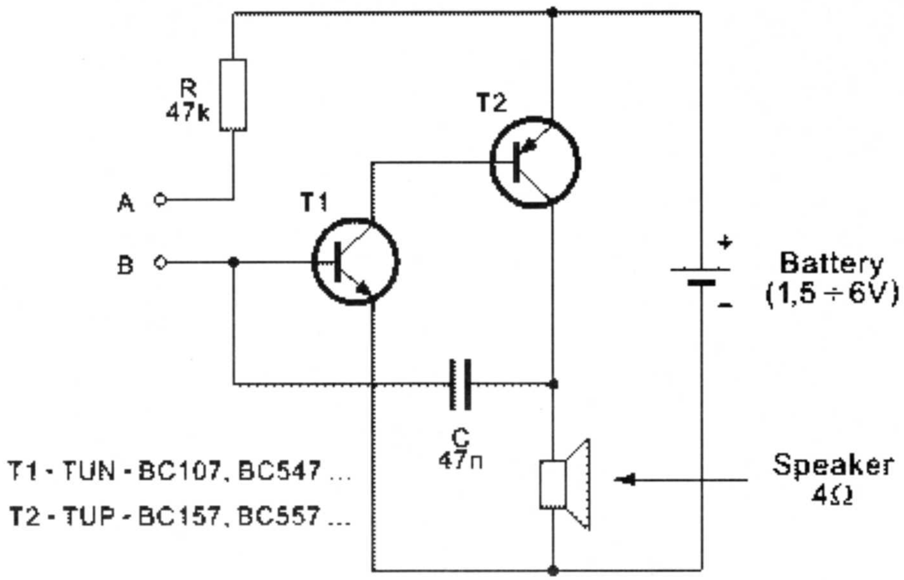
$$F=\frac{۱/۶}{RC}$$

در حالت ذکرشده، R=۴۷kOhm و C=۴۷nF که این بدین معناست:

$$F=\frac{۱/۶}{۴۷\times ۱۰^{۳}\times ۴۷\times ۱۰^{-۹}}=۷۲۴\,Hz$$

با توجه به رابطه‌ی بالا، واضح است که تغییر مقاومت و خازن، فرکانس را نیز تغییر می‌دهد. افزایش فرکانس با کاهش ضریب مقاومت و ظرفیت خازنی و برعکس، افزایش این دو، کاهش میزان فرکانس

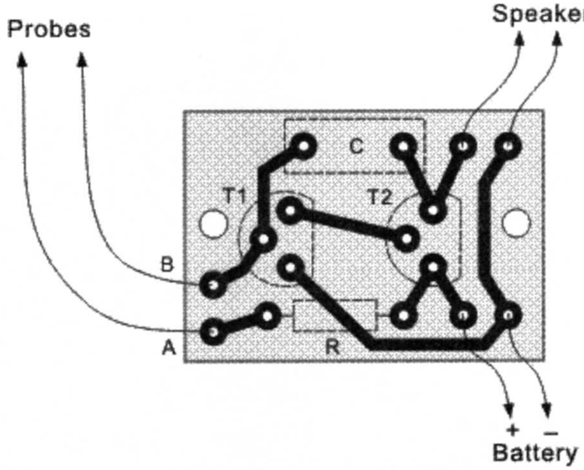
نوسان‌ساز را در بـر دارد. از طریق تعویض مقاومت با یک پتانسیل‌سـنج پیرایشـگر (timmer) چند صد کیلو اهمی می‌توان فرکانس پایه را تغییر داد. اگر چنین تغییری در مدار لازم باشـد، باید دقت کنیم که پتانسیل‌سـنج در پایین‌ترین درجه‌ی خود (مقاومت صفر) قرار داده نشود چرا که چنین خطایی، سوختن ترانزیستورها را در پی خواهد داشـت. برای اطمینان بیشتر مقاومت‌های ضعیفی را به صورت سری به پیرایشگر (trimmer) متصل می‌کنیم. این مقاومت‌ها از ترانزیسـتورهای مدار محافظت کرده و در صورت پایین بودن درجه‌ی ترانزیسـتور، از سوختن آن‌ها جلوگیری می‌کند. در مثال فوق الذکر، از یک باتری ۱/۵v به عنوان منبع تغذیه استفاده کردیم اما استفاده از هر باتری دیگری که قدرت آن بین ۱/۵v تا ۹v باشد نیز ممکن است.




**تصویر ۱-۱۴:** *شکل شماتیک یک کاوشگر رسانایی*

شـدت جریان هر قطعه در مدار را از طریق رابطه‌ی I=V/R بدسـت می‌آید که در آن V نماد ولتاژ تولیدی باتری و R نمادی برای ضریب مقاومت در مدار پایه اسـت. در مثال بالا، V=۱/۵V و R=۴۷Kw است که بنابر فرمول ذکر شـده، I=۳۲ میکروآمپر خواهد بود که باتوجه به پایین بودن آن، قطعات مورد آزمایش در مثال ما، آسیبی نخواهند دید.

در تصویر ۲-۱۴، نقشـه‌ی چاپی نوسان‌سـاز را مشـاهده می‌کنیـد. در این تصویر محل اتصـال قطعات را مشـاهده می‌کند. این صفحه تکمیل شـده، و به همراه باتری و اسـپیکر، مطابق تصویر ۳-۱۴ در جعبه ای قرار می‌گیرد. اسـپیکر مینیاتوری، توسـط پیچ‌های ظریف چوبی، به قاب بالایی جعبه وصل شـده و به وسیله‌ی دو سـیم پروکش‌دار نازک به مدار چاپی وصل می‌شـود. از این سـیم‌ها در تمامی اتصالات این مجموعه اسـتفاده می‌شود. در مثال ما، سیم‌ها مستقیما به پایانه‌های باتری وصل می‌شوند. بهترین راه می‌تواند استفاده از گیره‌ی باتری(جاباتری) باشد که در این صورت امکان تعویض باتری نیز مقدور خواهد بود.



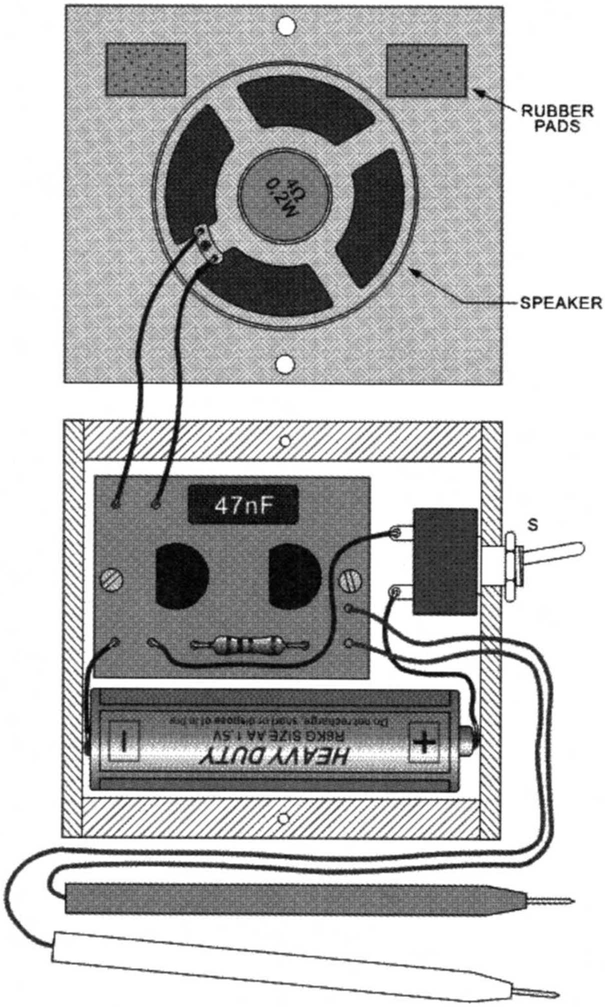

**تصویر ۲-۱۴ :** *مدار چاپی ابزار آزمایشگر به همراه جایگاه قطعات*

در جلوی جعبه، دو سوراخ ایجادشده است که یکی از آن‌ها مربوط به سویچ و دیگری مربوط به سیم‌هایی است که به کاوشگر متصل‌اند. پروب‌ها (سوزن) ارزان قیمت بوده و در شکل‌ها و اندازه‌های متنوعی ارائه می‌شوند. شما می‌توانید از هر چیزی به طور مثال محفظه‌ی ماژیک‌های بی مصرف، به عنوان روکش سیم‌های رشته ای قطور استفاده کنید. پیشنهاد می‌شود که پروب‌هایی با رنگ‌های متمایز استفاده کنیم (بطور مثال قرمز-مشکی) که نکته‌ای متداول در استفاده از پروب‌هاست. پروب مثبت(قرمز) به نقطه‌ی A و پروب منفی (مشکی) به نقطه‌ی B وصل می‌شود. جهت سهولت در کار می‌توان از گیره‌های دندانه‌دار نیز بجای پروب استفاده کرد ولی در مواردی که قصد ما تست قطعات ظریف نصب شده روی مدار باشد، استفاده از پروب‌های ظریف‌تر و دقیق‌تر پیشنهاد می‌شود. پروب خریداری شده را شخصا تست کنید (ممکن است باتری تمام شده باشد و یا هر اتفاق دیگری که عملکرد ابزار را تحت تاثیر قرار دهد)، با اتصال دو سوزن کاوشگر بهم، در صورت شنیدن صدا از اسپیکر، ابزار بدرستی کار می‌کند.

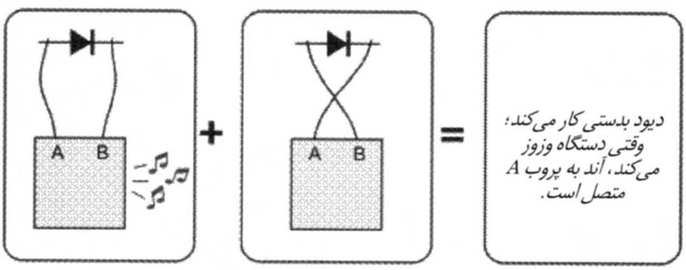
حال که از صحت قطعه مطمئن هستیم، ابتدا میزان رسانایی بدن خود را تست کنید!! سوزن‌های کاوشگر را بین انگشتان شست و اشاره‌ی دو دست خود قرار دهید. به محض اتصال، از بلندگو صدایی را می‌شنوید شدت و خصوصا فرکانس آن به میزان رطوبت پوست دست شما بستگی داشته و با آن نسبت مستقیم دارد.

## آزمودن نیمه رساناها

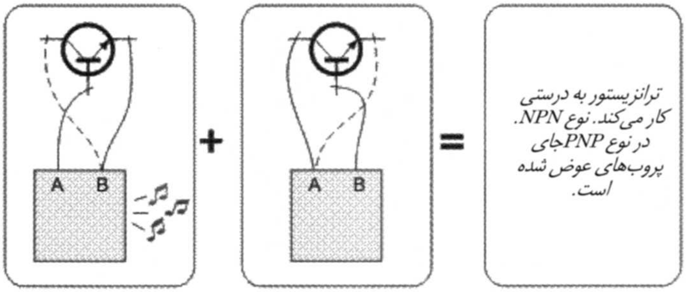
جهت آزمودن دیودها به کمک مدار معرفی شده در بالا ابتدا مروری بر نحوه عملکرد دیودها خواهیم داشت: هنگامی که ولتاژ آند نسبت به کاتد مثبت است، (سوزن قرمز روی آند و مشکی روی کاتد) کل دیود به عنوان یک مقاومت ضعیف عمل می‌کند و این بدین معناست که بلندگو، صوت قوی‌تری ایجاد می‌کند و در جهت برعکس، دیود به عنوان یک مقاومت قوی عمل کرده و بنابراین صدای قوی‌تری ایجاد می‌شود. در تصویر ۴-۱۴ نحوه‌ی تست کردن را مشاهده می‌کنید.




**تصویر ۳-۱۴ :** *آزمایشگر رسانایی*

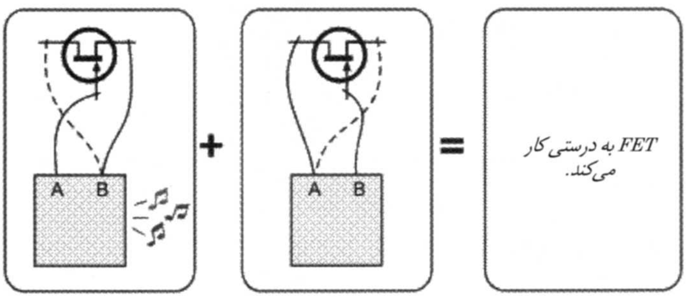



**تصویر ۴-۱۴ :** *تست دیود*

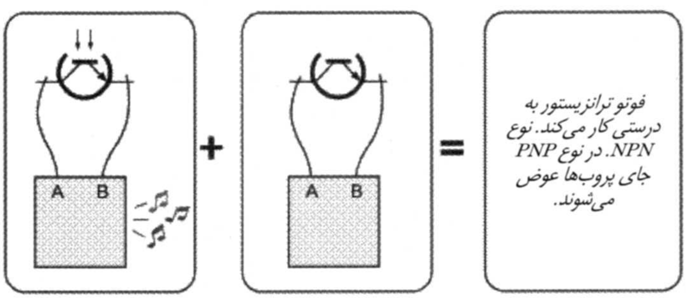



**تصویر ۵-۱۴ :** *تست ترانزیستور دوقطبی*

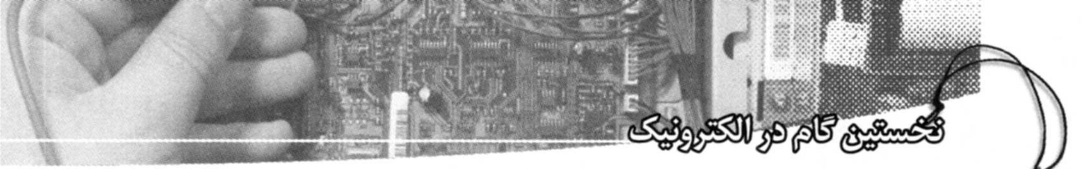
ترانزیستورDC (تصویر ۴-۱۴) درست همانند دو دیود متصل بهم عمل می‌کند. اگر هر دو دیود بدرستی کارکنند، ترانزیستور هم مطابق تصویر ۵-۱۴، عمل خواهد کرد. همان طورکه مشاهده می‌کنید، پروب A به پایه و پروب B ابتدا به ساتع‌کننده و سپس به گردآورنده وصل می‌شود. در هردوحالت، در صورت صحت عملکرد ترانزیستور، بلندگو به صدا در می‌آید. حال، جای سوزن‌ها را باهم تعویض می‌کنیم، در صورتی که صدایی به گوش نرسد، همه چیز مرتب است. بنابراین چنانچه ترانزیستور بدرستی عمل نکند، در هر دو حالت اتصال سوزن‌ها، صدا به گوش می‌رسد و یا در هر دو حالت صدایی وجود نخواهد داشت.
تست رسانایی در FETها، درست همانند ترانزیستورهای دوقطبی انجام می‌شود (تصویر ۶-۱۴).




**تصویر ۶-۱۴ :** *آزمودن FETها*




**تصویر ۷-۱۴ :** *آزمایش فوتو ترانزیستور*





یکـی از اصـول تسـت کـردن فتورزیسـتورها، فتوترانزیسـتورها و دیودهـا، اصـل بـی نـور=> بی صدا (NL-NM or No light-No music) اسـت. پروب A به گردآورنده‌ی ترانزیستور، یا آنود دیود و یا یکی از دو سـر ترانزیسـتور نوری متصل می‌شود و پروب B به ساتع‌کننده‌ی ترانزیسـتور، یا کاتد دیود متصل می‌شود که در ایـن حالت باید از بلندگو، صدایی به گوش برسـد؛ وقتی با دسـت جلوی نـور را می‌گیریم، چنانچه این صدا ادامه پیدا کند، همه چیز مرتب است. در تصویر ۷-۱۴ نحوه‌ی تست قطعات حساس به نور را مشاهده می‌کنید.

## آزمودن دیگر قطعات

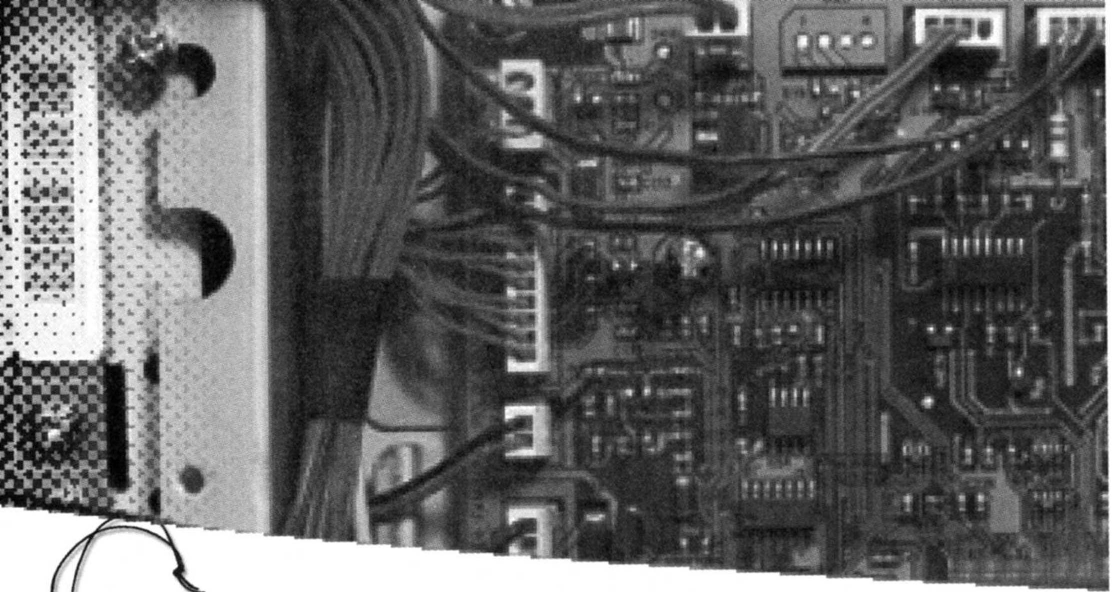
بسـیاری از قطعات دیگر ممکن اسـت بـه کمک این ابزار مورد آزمون قرار گیرنـد. اصل کلی در مورد تمام قطعات (من جمله: مقاومت‌ها، سیم‌پیچ‌ها، فیوزها و سویچ‌های بسته) این است که در صورتی که قطعه تمایل عبور جریان برق را داشته باشد، بلندگو به صدا درمی‌آید. در صورتی که قطعه‌ی مورد نظر تمایلی به عبور جریان نداشته باشد (خازن‌ها، سویچ‌های باز) نباید صدایی بگوش برسد.

در آزمـودن مقاومت‌هـای مختلف، واضح اسـت که مقادیـر مختلف ضریب مقاومت، صـدای متفاوتی در دسـتگاه آزمایشـگر ایجاد می‌کنند. بنابراین در آزمودن مقاومت‌های مختلف صدای تولیدی به عنوان مبنا قرار داده می‌شود.

در قطعاتـی که در سـاختار خود سـیم‌پیچ دارند (ماننـد الکتروموتورهای گوناگون، هدفون‌ها، اسـپیکرها، مبدل‌ها و دیگر قطعات رسـانا)، عدم تولید صوت نشانه‌ی قطعی در بخشی از سیم‌پیچ است. در مبدل‌هایی که تعداد بیشتری سیم‌پیچ دارند، ممکن است بتوان ابتدا و انتهای هر سیم‌پیچ را پیدا کرد و با توجه به میزان صدای تولیدی، تفاوت آن‌ها را سنجید (که کدامیک اولیه و کدامیک ثانویه است).

خـازن سـالم صدایـی تولیـد نمی‌کنـد. یکـی از ایـن اسـتثنائات، خازن‌هـای انسـدادی (block) و الکترولیتیک (مخصوصا انواع بزرگ‌تر) است. صدای ایجاد شده بواسطه‌ی اتصال این خازن‌ها به ابزار سنجش، بطور مداوم کاهش یافته و در زمانی که خازن به طور کامل دشـارژ شـود قطع خواهد شد. هر چه میزان ظرفیت خازنی بالاتر باشد این صدا زمان بیشتری برقرار خواهد بود.





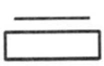


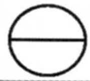
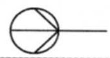
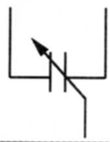
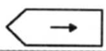
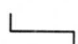
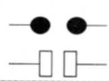
# ضمیمه‌ی یک

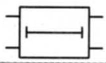
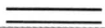
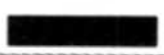
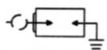
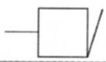
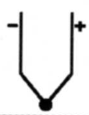
## نگارش نمادها در الکترونیک

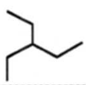
در ایـن ضمیمـه تعدادی از علائم رایج در الکترونیک و برق صنعتی لیسـت شـده‌اند. ایـن نمونه‌ها علائم آمریکایی/انگلیسـی را در اختیار شـما خواننده عزیز قرار داده اسـت. لازم به ذکر اسـت که این ضمیمه تنها در راسـتای آشـنایی شـما با نحوه ی نگارش علائم در الکترونیک و برق صنعتی اسـت و هیچگونه اعتبار علمی دیگری ندارد.

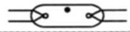
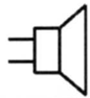
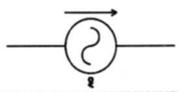
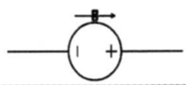
| | |
|---|---|
| اتصال به زمین<br>Ground |  |
| هم پتانسیل<br>Equi-potentiality |  |
| شاسی<br>Chassis |  |
| باتری<br>Battery |  |
| مقاومت<br>Resister |  |

| | |
|---|---|
| میراگر<br>Attenuator |  |
| خازن<br>Capacitor |  |
| اوکومولاتور (انباشتگر)<br>Accumulator |  |
| آنتن<br>Antenna |  |
| آنتن لوپ<br>Loop antenna |  |
| کریستال<br>Crystal |  |

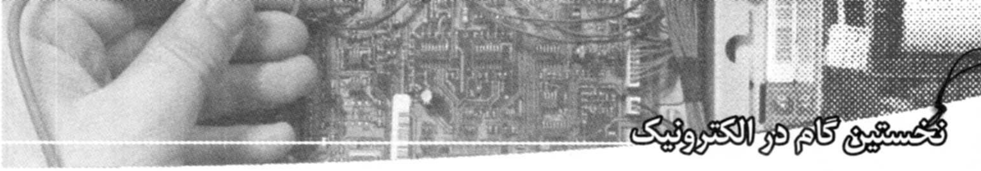
| | |
|---|---|
| مدارشکن<br>Circuit breaker |  |
| فیوز<br>Fuse |  |
| منبع ایده‌آل<br>Ideal source |  |
| مبدل<br>Transducer |  |
| مبدل (۲)<br>Transducer 2 |  |
| القاگر<br>Inductor |  |
| نیمه القاگر<br>Half inductor |  |
| کلگی پیک آپ<br>Pickup head |  |
| پالس<br>Pulse |  |
| پالس متناوب<br>Alternating pulse |  |
| دندانه اره‌ای<br>Sawtooth |  |
| تابع پله ای<br>Step function |  |
| محافظ ولتاژ ناگهانی<br>Surge protectors |  |

| | |
|---|---|
| شناساگر<br>Indicator |  |
| المان تاخیری<br>Delay element |  |
| آهنربای موقت<br>Permanent magnet |  |
| هسته مغناطیسی<br>Magnet core |  |
| هسته فریت<br>Ferrite core |  |
| دوشاخه ایگنیتور<br>Igniter plug |  |
| زنگ<br>Bell |  |
| بازر (زنگ)<br>Buzzer |  |
| المان دمایی<br>Thermal element |  |
| ترموکوبل<br>Thermocouble |  |
| ترموپیل<br>Thermopile |  |
| لامپ<br>Lamp |  |
| لامپ (۲)<br>Lamp 2 |  |

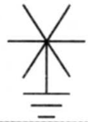
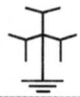
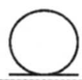
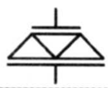
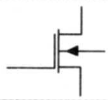
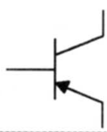
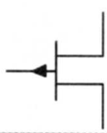
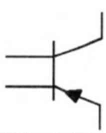
| | |
|---|---|
| دوفاز-چهارسیم<br>2-phase - 4-wire |  |
| (V) سه فاز<br>3-phase (V) |  |
| (T) سه فاز<br>3-Phase (T) |  |
| سه فاز دلتا ۱<br>3-phase delta 1 |  |
| سه فاز دلتا ۲<br>3-phase delta 2 |  |
| سه فاز دلتا ۳<br>3-phase delta 3 |  |
| سه فاز دلتا ۴<br>3-phase delta 4 |  |
| سه فاز ستاره<br>3-phase star |  |
| سه فاز زیگزاگ<br>3-phase zigzag |  |
| سه فاز - ۴ سیم<br>3-phase - 4-wire |  |
| چهار فاز<br>4-phase |  |

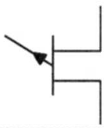
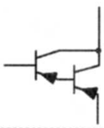
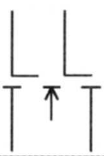
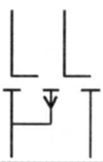
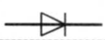
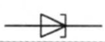
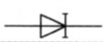
| | |
|---|---|
| لامپ فلورسنت<br>Fluorescent lamp |  |
| اسپیکر<br>Speaker |  |
| میکروفن<br>Microphone |  |
| میکروفن (۲)<br>Microphone 2 |  |
| اسیلاتور<br>Oscillator |  |
| منبع AC<br>AC Source |  |
| منبع DC<br>DC Source |  |
| رادیاسیون<br>Radiation |  |
| قطبیت مثبت<br>Positive polarity |  |
| قطبیت منفی<br>Negative polarity | |
| علامت خنثی<br>Neutral symbol | N |
| دوفاز-سه سیم<br>2-phase - 3-wire |  |



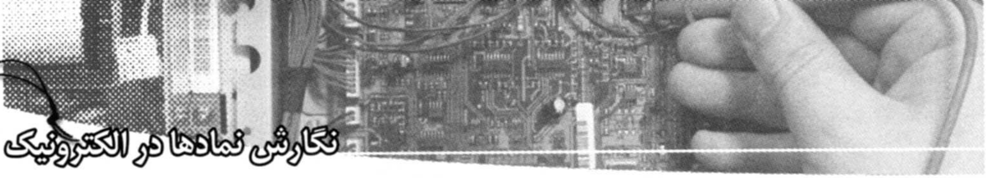




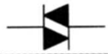
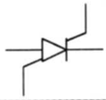
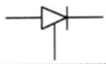
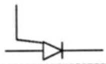
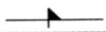
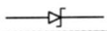
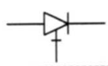
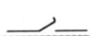
| | | |
|---|---|---|
| شش فاز دوبل ستاره شکل | 6-phase double star |  |
| شش فاز دوبل مثلث شکل | 6-phase double delta |  |
| شش فاز شش ضلعی | 6-phase hexagonal |  |
| شش فاز چنگالی | 6-phase fork |  |
| کانکتور خاص | Special connector |  |
| نماد هم محور | Coaxial symbol |  |
| الکترت | Electret |  |
| | MOSFET |  |
| دوقطبی | Bipolar |  |
| اتصال | Junction |  |
| متقاطع | Transverse |  |

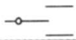
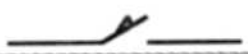
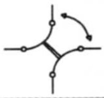
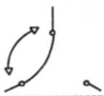
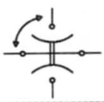
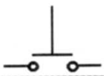
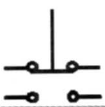
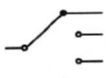
| | | |
|---|---|---|
| اهمیک | Ohmic |  |
| تک اتصالی | Unijunction |  |
| دارلینگتون | Darlington |  |
| لچ | latch |  |
| TEFGI نوع N | IGFET N- Type |  |
| TEFGI نوع P | IGFET p-Type |  |
| دیود | Diode |  |
| دیود تونل | Tunnel diode |  |
| دیود معکوس | Backward diode |  |
| ورکتور | Varactor |  |





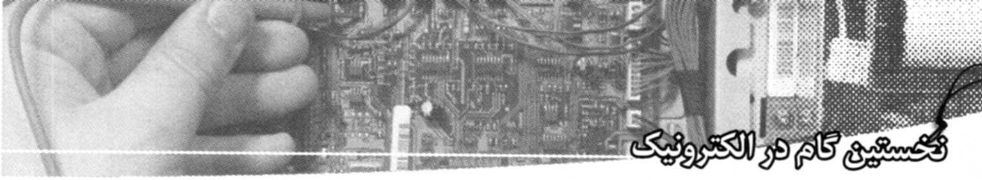


| | | |
|---|---|---|
| دیاک | Diac |  |
| ترایاک | Triac |  |
| سویچ تحت کنترل | Controlled switch |  |
| رکتیفایر تحت کنترل | Controlled rectifier |  |
| رکتیفایر قطع کننده | Turn off rectifier |  |
| دیود چهار لایه | Four layer diode |  |
| فوتودیود | Photodiode |  |
| دیود قطع کننده | Breakdown diode |  |
| دیود تیوب | Tube diode |  |
| تریود تیوب | Tube triode |  |
| تریود قطع کننده | Turn-off triode |  |
| اتصال برقرار | Make Contact |  |

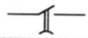
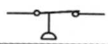
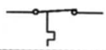
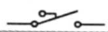
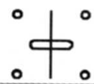
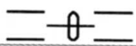
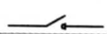
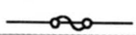
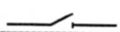
| | | |
|---|---|---|
| اتصال منقطع | Break Contac |  |
| اتصال دوطرفه | Two way contact |  |
| سویچ مهاری | limit Switch |  |
| قطع کننده مدار | Circuit Breaker |  |
| اتصال پسینگ | Passing contact |  |
| سویچ دوحالته | 2 position switch |  |
| سویچ سه حالته | 3 position switch |  |
| سویچ چهارحالته | 4 position switch |  |
| سویچ دستی | Manual switch |  |
| کلیدفشاری - وصل | Pushbutton - make |  |
| کلیدفشاری - قطع | Pushbutton - break |  |
| کلیدفشاری - دومداره | Pushbutton - 2-circuit |  |
| کلید گزینشی | Selector switch |  |

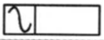
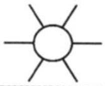
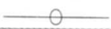
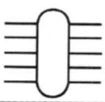








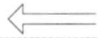
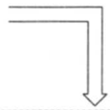
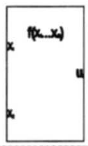
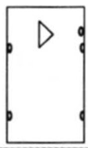
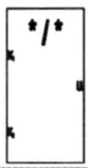
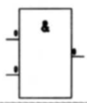
| | | |
|---|---|---|
| تاخیرساز - وصل | Time delay - make |  |
| تاخیرساز - قطع | Time delay - break |  |
| تاخیرساز - وصل (۲) | Time delay - make 2 |  |
| تاخیرساز - قطع (۲) | Time delay - break 2 |  |
| ضامن چفتی | Safety interlock |  |
| فعال ساز با جریان گاز | Gas flow actuated |  |
| فعال ساز با فشار | Pressure actuated |  |
| فعال ساز دمایی | Temperature actuated |  |
| ترموستات | Thermostat |  |
| سویچ دمایی | Temperature switch |  |
| سویچ اینرسی | Inertia switch |  |
| سویچ جیوه | Mercury switch |  |
| سویچ جیوه (۲) | Mercury switch 2 |  |
| قطع کننده‌ی سویچ | Switch Disconnector |  |
| فیوز | Fuse |  |
| ایزولاتور | Isolator |  |

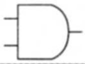
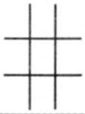
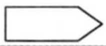
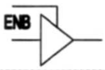
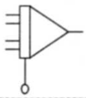
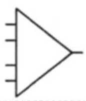
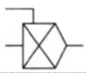
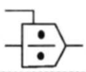
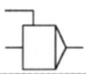
| | | |
|---|---|---|
| رله | Relay |  |
| سیم پیچ رله | Relay coil |  |
| اتصال رله | Relay contacts |  |
| شمعک | Pilot light |  |
| رابط | Junction |  |
| اتصال متقاطع | Junction/crossing |  |
| ترمینال | Terminal |  |
| ترمینال ۳ فاز | Terminal 3-phase |  |
| نقطه تست | Test point |  |
| برچسب | Label |  |
| جهت جریان | Direction of flow |  |
| مسیر عبوری | Transmission path |  |
| سیم روکش دار | Lined/Cable |  |
| دسته سیم | Cable group |  |
| کابل نوری | Optical cable |  |



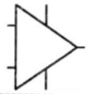
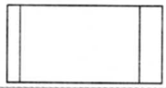
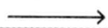
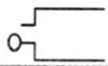


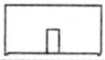
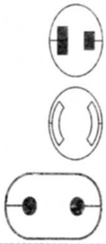
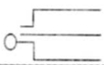


| | | |
|---|---|---|
| رابط مستقیم | Straight bus |  |
| رابط زانویی | Elbow bus1 |  |
| رابط زانویی (۲) | Elbow bus2 |  |
| وارون‌ساز | Inverter |  |
| بافر | Buffer |  |
| شمارشگر | Clock |   |
| تابع ساز | Function generator |  |
| آمپلی فایر | Amplifier |  |
| مبدل | Converter |   |
| درگاه منطقی (۱) | Logic gate1 |   |

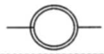
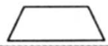
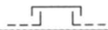
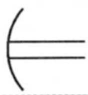
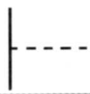
| | | |
|---|---|---|
| درگاه منطقی (۲) | Logic gate2 |  |
| نماد آنالوگ | Analog symbol |  |
| نماد دیجیتال | Digital symbol |  |
| المان تاخیری | Delay element |  |
| پورت I/O | I/O port |  |
| سیگنال مواج | Signal waveforms |  |
| بافر سه حالته | Three-state buffer |   |
| همسان ساز | Integrator |  |
| آمپلی فایر مجتمع کننده | Summing amplifier |  |
| آمپلی فایر چندگانه | Multiple amplifier |  |
| آمپلی فایر تقسیم کننده | Divider amplifier |  |
| تابع ساز | Function generator |  |
| آمپلی فایر فعال | Operational amplifier |  |

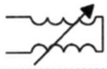
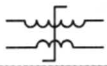
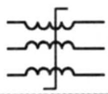
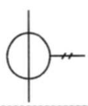


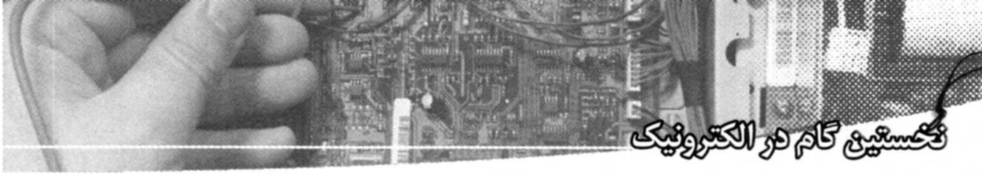
| | |
|---|---|
| آمپلی فایر فعال (۲)<br>Operational ampifier2 |  |
| بورد<br>Board |  |
| رابط افقی<br>Horizontal extension |  |
| رابط عمودی<br>Vertical extension |  |
| نقطه‌ی سویچ<br>Switch point |  |
| زمینه مدار<br>Ground |  |
| اتصال M/F<br>M/F Contact |  |
| اتصال M/F (۲)<br>M/F Contact 2 |  |
| جک کنداکتور<br>2-conductor jack |  |
| دوشاخه کنداکتور<br>2-conductor plug |  |
| اتصالگر D بزرگ<br>larg D connector |  |
| اتصالگر D کوچک<br>Small D connector |  |

| | |
|---|---|
| اتصالگر سر C<br>C header connector |  |
| F/M - دو کنداکتور<br>F/M - 2-conductor |  |
| F/M - سه کنداکتور<br>F/M<br>3-conductor |  |
| دوشاخه سه کنداکتور<br>3-conductor plug |  |
| جک سه کنداکتور<br>3-conductor jack |  |
| ماشین مدور<br>Rotating machine |  |
| آرماتور<br>Armature |  |
| میدان<br>Field |  |
| آهنربای دائم<br>Permanent Magnet |  |

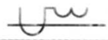
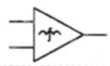
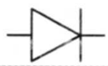
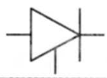
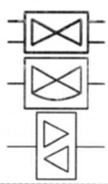


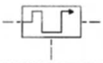
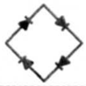
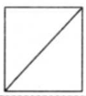
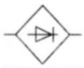
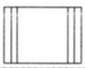
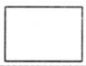
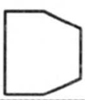
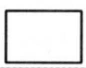
| | |
|---|---|
| زغال<br>Brush |  |
| اتصال سیم<br>Winding connection |  |
| همگام ساز<br>Synchro |  |
| اهرم<br>Brake |  |
| چرخش<br>Rotation |  |
| کلاچ<br>Clutch |  |
| کلاچ (۲)<br>Clutch2 |  |
| عملکرد تاخیری<br>Delayed action |  |
| کنترل دستی<br>Manual control |  |
| ابزار بلاک<br>Blocking device |  |
| گیره<br>Latching device |  |
| هسته مغناطیسی<br>Magnetic core |  |
| انداکتور<br>Inductor |  |
| چوک<br>Choke |  |

| | |
|---|---|
| وریومتر<br>Variometer |  |
| چوک هم محور<br>Coaxial choke |  |
| ترانسداکتور<br>Transductor |  |
| ترانسفورمر<br>Transformer |  |
| ترانسفورمر (۲)<br>Transformer2 |  |
| ترانسفورمر اشباع‌ساز<br>Saturation transformer |  |
| ترانسفورمر تنظیم پذیر<br>Adjustable transformer |  |
| القای تک فاز<br>1-phase induction |  |
| ولتاژ القا<br>Induction voltage |  |
| مبدل جریان<br>Current transformer |  |
| مبدل جریان (۲)<br>Current transformer2 |  |
| مبدل جریان (۳)<br>Current transformer3 |  |

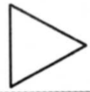
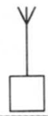
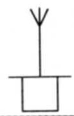
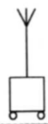
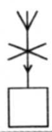


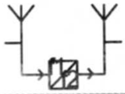
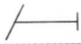
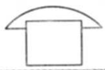
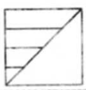
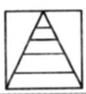
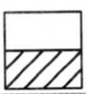


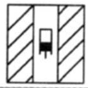
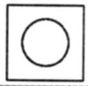
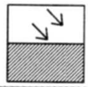
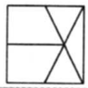
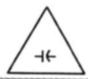
| | |
|---|---|
| مبدل پتانسیل<br>Potential transformer |  |
| مبدل پتانسیل (۲)<br>Potential transformer2 |  |
| کوپلر خطی<br>Linear coupler |  |
| آمپلی فایر<br>Amplifier |  |
| آمپلی فایر مغناطیسی<br>Magnetic amplifier |  |
| امپدانس منفی<br>Negative impedance |  |
| آمپلی فایر با میان بر<br>Amplifier with bypass |  |
| رکتیفایر<br>Rectifier |  |
| رکتیفایر کنترل شده<br>Controlled rectifier |  |
| رکتیفایر پلی<br>Bridge rectifier |  |
| تقویت کننده تکسویه<br>1-way repeater |  |
| تقویت کننده دوسویه<br>2-way repeater |  |
| شیفت فاز<br>Phase shifter |  |

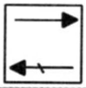
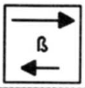
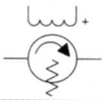
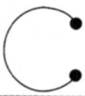
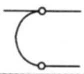
| | |
|---|---|
| چوپر<br>Chopper |  |
| دمدولاتور<br>Demodulator |  |
| ژیروسکوپ<br>Gyro |  |
| ژیروسکوپ (۲)<br>Gyro2 |  |
| مبدل<br>Converter |  |
| رکتیفایرپلی<br>Rectifier bridge |  |
| منبع حرارت<br>Heat source |  |
| سیگنال ساز<br>Signal generator |  |
| المان خطی<br>Linear element |  |
| سیم پیچ رله<br>Relay coil |  |
| سویچ<br>Switch |  |
| مدار مرکب<br>Composite circuit |  |

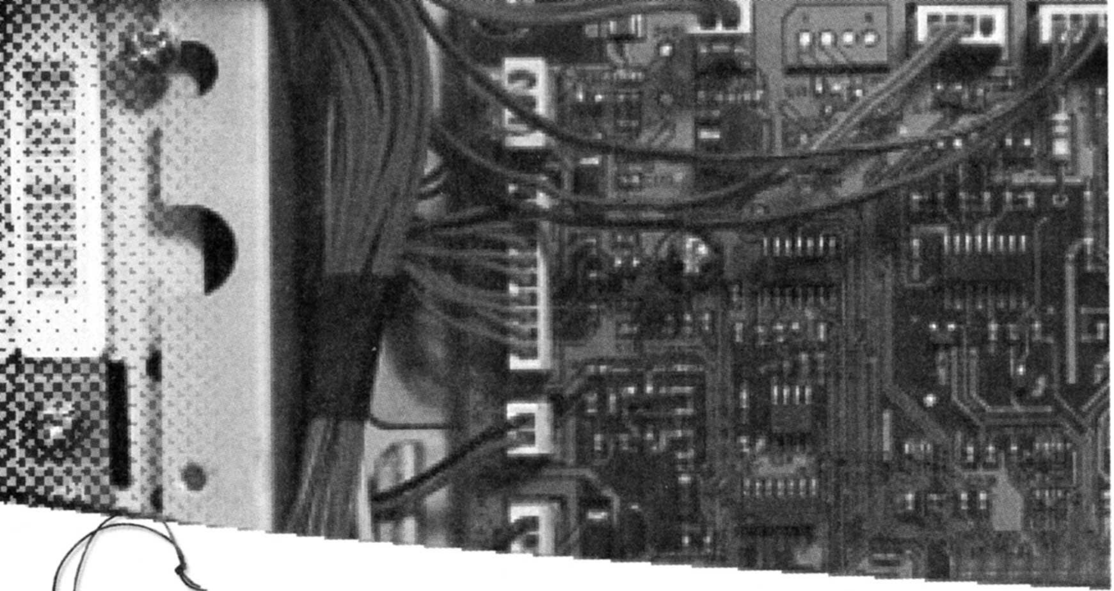


| | |
|---|---|
| آمپلی فایر<br>Amplifier |  |
| کد سیگنال<br>Signal code |  |
| سیگنال مرجع<br>Reference signal |  |
| پالس ناقل<br>Transmitter pulse |  |
| سیگنال تست<br>Test signal |  |
| فیدبک<br>Feedback |  |
| ایستگاه رادیوئی<br>Radio station1 |  |
| ایستگاه رادیوئی (۲)<br>Radio station2 |  |
| ایستگاه سیار<br>Portable station |  |
| ایستگاه متحرک<br>Mobile station |  |
| مسیریابی<br>Direction finding |  |

| | |
|---|---|
| ایستگاه کنترل<br>Controlling station |  |
| ایستگاه پایان<br>End station |  |
| ایستگاه رله رادیوئی<br>Radio relay station |  |
| رله پاسیو<br>Passive relay |  |
| تلگراف<br>Telegraph equipment |  |
| تلفن<br>Telephone |  |
| ایستگاه الکتریسیته /گرمایشی<br>Elec/heat station |  |
| ایستگاه هیدروالکتریک<br>Hydroelectric station1 |  |
| ایستگاه هیدروالکتریک (۲)<br>Hydroelectric station2 |  |
| ایستگاه هیدروالکتریک (۳)<br>Hydroelectric station3 |  |
| ایستگاه هیدروالکتریک (۴)<br>Hydroelectric station4 |  |
| ایستگاه ترموالکتریک<br>Thermoelectric station |  |

| | | |
|---|---|---|
| سوخت ذغال سنگ | Coal fueled |  |
| سوخت نفت/گاز | Oil/gas fueled |  |
| ایستگاه اتمی | Nuclear station |  |
| ایستگاه ژئوترمیک | Geothermic station |  |
| ایستگاه خورشیدی | Solar station |  |
| ایستگاه بادی | Wind station |  |
| ایستگاه مبدل | Converting station |  |
| ایستگاه سویچینگ | Switching station |  |
| راکتانس خازنی | Capacitive reactance |  |
| راکتانس القایی | Inductive reactance |  |
| مقاومت | Resistance |  |
| اتصال دوار | Rotary joint |  |

| | | |
|---|---|---|
| ایزولاتور | Isolator |  |
| شیفت کننده فاز | Phase shifter |  |
| ژیراتور | Gyrator |  |
| میانبر مدار | Shortcut to Field |  |
| پولاریزاسیون مدار | Field polarization |  |
| رزوناتور | Resonator |  |
| بالون | Balun |  |
| فیلتر مد | Mode filter |  |
| فیلتر فرکانس | Frequency fitter |  |





# ضمیمه‌ی دو

## لیست اختصارات رایج در الکترونیک

### A

A (amp) - Ampere
AC - Alternating current
AC/DC - Alternating current or Direct current
A/D - Analog to digital
ADC - Analog-to-digital converter
AF - Audio frequency
AFT - Automatic fine tuning
AFC - Automatic frequency control
AFC - Automatic flow controller, used in controlling the flow of gasses under pressure into a vacuum system
AGC - Automatic gain control
Ah - Ampere hour
Ai - Current gain
AM - Amplitude modulation
AM/FM - Amplitude modulation or Frequency modulation
AMM - Analog multimeter
antilog - Antilogarithm
Ap - Power gain
apc - Automatic phase control
Av - Voltage gain
AVC - Automatic volume control

AWG - American wire gauge

## B

B - Flux density
BCD - Binary coded decimal
bfo - Beat frequency oscillator
BJT - Bipolar junction transistor
BW - Bandwidth

## C

c - Centi ($10^{-2}$)
C - Capacitance or capacitor
CAD - Computer aided design
CAM - Computer aided manufacture
CATV - Cable TV
CB - Common base configuration
CB - Citizen's band
CC - Common collector
CE - Common emitter
cm - Centimeter
cmil - Circular mil
CPU - Central processing unit
C (Q) - Coulomb
CR cr - Junction diode
CRO - Cathode ray oscilloscope
CRT - Cathode ray tube
CT - Total capacitance
cw - Continuous transmission

## D

d - Deci ($10^{-1}$)
D/A or D-A - Digital to analog
DC - Direct current
Di - Change in current
DIP - Dual in-line package
DMM - Digital multimeter







DPDT - Double pole double throw
Dt - Change in time
DTL - Diode transistor logic
Dv - Change in voltage
DVM - Digital voltmeter

## E

E DC or Erms - Difference in potential
e - Instantaneous difference in potential
ECG - Electrocardiogram
ECL - Emitter coupled logic
EHF - Extremely high frequency
EHV - Extra high voltage
ELF - Extremely low frequency
EMF - Electromotive force
EMI - Electromagnetic interference
EW - Electronic warfare

## F

f - Frequency
FET - Field effect transistor
FF - Flip Flop
fil - Filament
FM - Frequency modulation
fr - Frequency at resonance
fsk - frequency-shift keying
FSD - Full scale deflection

## G

G - Gravitational force
G - Conductance
G - Giga ($10^9$)

## H

H - Henry
H - Magnetic field intensity





H - Magnetizing flux
h - hecto ($10^2$)
h - Hybrid
HF - High frequency
hp - Horsepower
Hz – Hertz

## *I*

I - Current
i - Instantaneous current
IB - DC Base current
IC - DC Collector current
IC - Integrated circuit
Ie - Total emitter current
Ieff - Effective current
IF - Intermediate frequency
Imax - Maximum current
Imin - Minimum current
I/O - Input/output
IR - Infrared
IR - Resistor current
IS - Secondary current
IT - Total current

## *J*

JFET - Junction field effect transistor

## *K*

K - Coefficient of coupling
k - Kilo ($10^3$)
kHz - Kilohertz
kV - Kilovolt
kVA - Kilovoltampere
kW - Kilowatt
kWh - Kilowatt-hour





# L

L - Coil, inductance
LC - Inductance-capacitance
LCD - Liquid crystal display
L-C-R - Inductance-capacitance-resistance
LDR - Light-dependent resistor
LED - Light emitting diode
LF - Low frequency
LM - Mutual inductance
LNA - Low noise amplifier
LO - Local oscillator
LSI - Large scale integration
LT - Total inductance

# M

M - Mega ($10^6$)
M - Mutual conductance
MI - Mutual inductance
m - Milli ($10^{-3}$)
mA - Milliampere
mag - Magnetron
max - Maximum
MF - Medium frequency
mH - Millihenry
MHz - Megahertz
min - Minimum
mm - Millimeter
mmf - Magneto motive force
MOS - Metal oxide semiconductor
MOSFET - Metal oxide semiconductor field effect transistor
MPU - Microprocessor unit
MSI - Medium scale integrated circuit
mV - Millivolt
mW – Milliwatt



## N

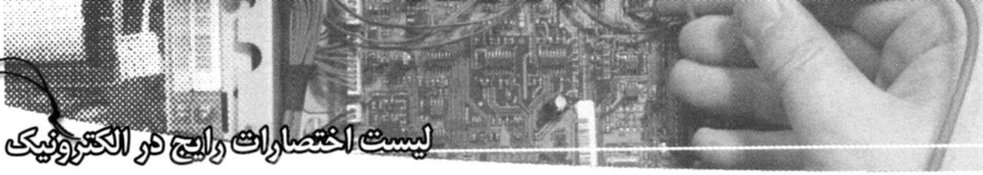
N - Number of turns in an inductor
N - Revolutions per minute
n - Nano ($10^{-9}$)
N - Negative
nA - Nanoampere
NC - Normally closed
NC - No connection
NEG, neg - Negative
nF - Nanofarad
nH - Nanohenry
nm - Nanometer
NO - Normally open
NPN - Negative-positive-negative
ns - Nanosecond
nW - Nanowatt

## O

OP AMP - Operational amplifier

## P

P - Pico ($10^{-12}$)
P - Power
p - Instantaneous power
P - Positive, also peak
PA - Public address or power amplifier
pA - Picoampere
PAL - Programmable Array Logic
PAM, pam - Pulse amplitude modulation
Pap - Apparent power
Pav - Average power
PCB - Printed circuit board
PCM, pcm - Pulse-code modulation
PDM - Pulse-duration modulation
pF - Picofarad
PLD - Programmable Logic Device





PLL - Phase locked loop
PM - Phase modulation, also Permanent magnet
PNP - Positive-negative-positive
POT, pot - Potentiometer
P-P - Peak to peak
PPM - Pulse-position modulation
PRF - Pulse repetition frequency
PRT - Pulse repetition time
pw - Pulse width
PWM, pwm - Pulse width modulation

## *Q*

Q - Charge, also quality
q - Instantaneous charge

## *R*

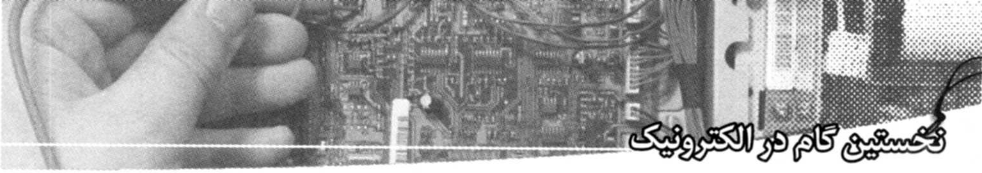
R - Potentiometer
R - Resistance
RAM - Random access memory
RC - Resistance-capacitance, also Radio controlled
rcvr - Receiver
rect - Rectifier
ref - Reference
rf - Radio frequencies
RF - Radio frequencies
RFI - Radio frequency interference
RL - Load resistor
RLC - Resistance-capacitance-inductance
RMS, rms - Root mean square
ROM- Read only memory
rpm - Revolutions per minute

## *S*

SCR - Silicon controlled rectifier
SHF - Super high frequency
SIP - Single in-line package









SNR - Signal-to-noise ratio
SPDT - Single pole double throw
sq cm - Square centimeter
SSB - Single sideband
SW - Short wave
SWR - Standing-wave ratio
SYNC, sync – Synchronous

## *T*

T - Tera ($10^{12}$)
T - Torque
T - Transformer
t - Time in seconds
TC - Time constant, also temperature coefficient
TE - Transverse electric
temp - Temperature
THz - Terahertz
TM - Transverse magnetic
TR - Transmit-receive
TTL - Transistor-transistor logic
TV - Television
TWT - Traveling wave tube

## *U*

UHF - Ultra high frequency
UHV - Ultra high voltage
UJT - Unijunction transistor
UV – Ultraviolet

## *V*

V - Vacuum tube
V, v - Volt
v - Instantaneous voltage
VA - Volt ampere
Vav - Voltage (average value)
VBE - DC voltage base to emitter



Vc - Capacitive voltage
VCE - DC voltage collector to emitter
VCO - Voltage controlled oscillator
VHF - Very high frequency
Vin - Input voltage
VL - Inductive voltage
VLF - Very low frequency
Vm, Vmax - Maximum voltage
VOM - Volt ohm milliameter
Vout - Output voltage
Vp - Primary voltage
VS - Source voltage
VSWR - Voltage standing wave ratio
VT - Total voltage

## W

W - Watt

## X

XC - Capacitive reactance
XL - Inductive reactance

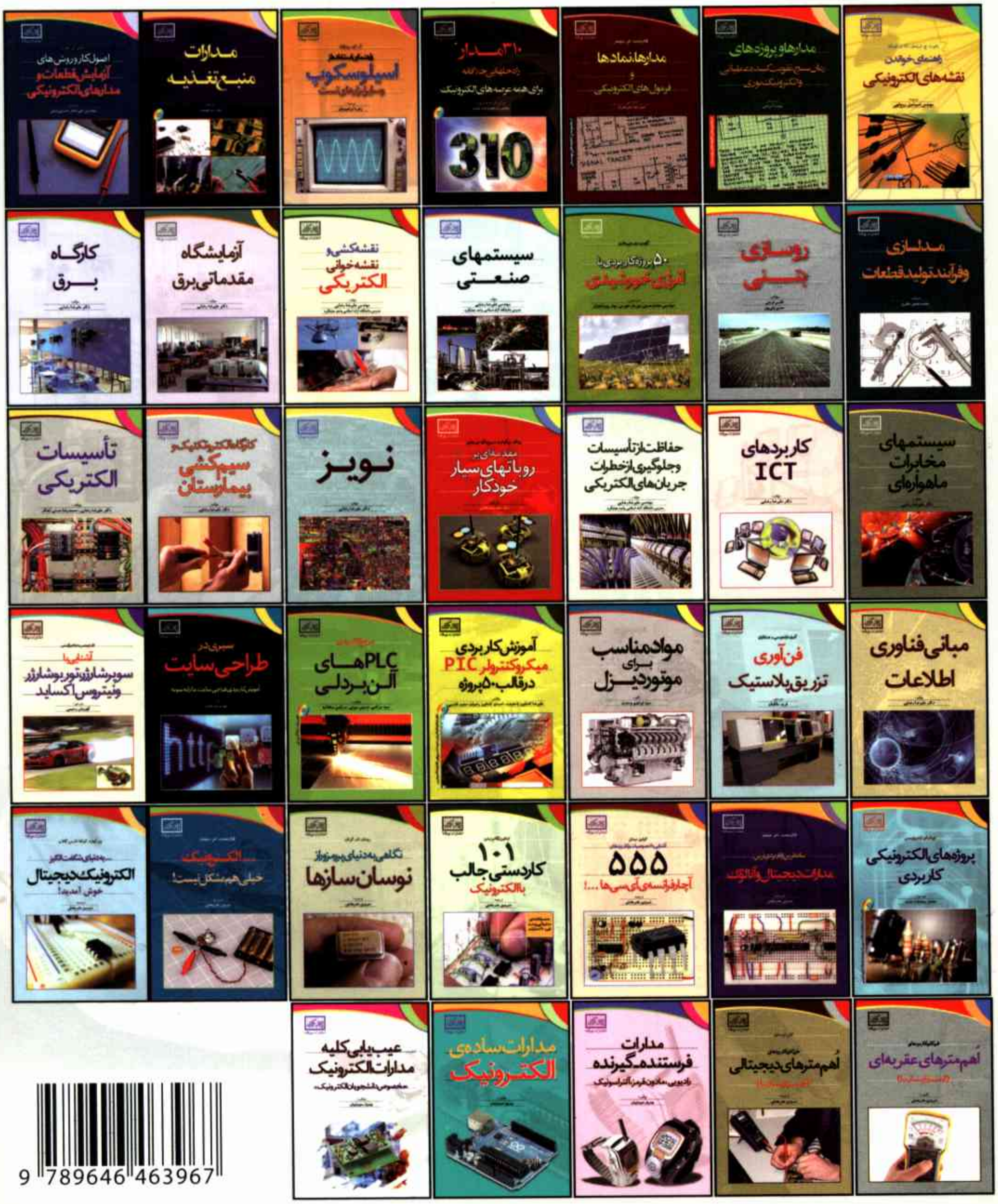
## Y

Y - Admittance

## Z

Z - Impedance
Zin - Input impedance
Zo - Output impedance
Zp - Primary impedance
Zs - Secondary impedance
ZT - Total impedance

۶۰۰۰ تومان




9 789646 463967